



TIETO- JA SÄHKÖTEKNIIKAN TIEDEKUNTA

**Juha Saastamoinen**

**Datankeräysmenetelmä ERP-järjestelmästä  
tuotannonkehitysprojektissa**

Diplomityö  
Tietotekniikan tutkinto-ohjelma  
kesäkuu 2021

**Saastamoinen J. (2021) Datankeräysmenetelmä ERP-järjestelmästä tuotannonkehitysprojektissa.** Oulun yliopisto, tietotekniikan tutkinto-ohjelma. Diplomityö, 60 s.

## **TIIVISTELMÄ**

**Dataintegraatio ja keskitetty tietovarastointi mahdollistavat yrityksille laaja-alaisen datan keräämisen. Datanhallinta on kuitenkin haasteellista, minkä vuoksi helposti käytettäviä osastokohtaisia paikallisia tietovarastoja eli datamartteja ei ole aina rakennettu. Tällöin käytössä ei ole riittävän kattavia raportteja, joiden avulla toimintaa voisi ohjata tarkasti.**

**Tässä diplomityössä käsitellään Lean Six Sigma -kehitysprojektia varten kehitetyn datankeräysmenetelmän toimivuutta teknologiateollisuuden alihankintayrityksessä. Datankeruu tapahtui Office 365 -ympäristössä yrityksen toiminnanohjausjärjestelmästä (ERP), ja lähtökohtana oli Six Sigman DMAIC-prosessi, jossa data-analyysityökaluja käyttäen pienennetään prosessissa ilmenevää vaihtelua ja samanaikaisesti parannetaan kohteen keskiarvoa. Tässä projektissa tavoitteena oli sekä lyhentää prosessin läpimenoaikaa että parantaa läpimenomäärää. Työssä pohditaan myös, onko kehitetty datankeräysmenetelmä käytettävissä tätä laajemmin ja onko siinä puutteita tai pohjaa jatkokehitykselle.**

**Menetelmän vaatimuksena oli se, että datankeruu toimii yrityksen olemassa olevassa ohjelmistoympäristössä ja että data on helposti käytettävissä data-analyyseissä. Päättökysymyksenä oli se, miten ERP-järjestelmästä voidaan kerätä dataa tuotannon mittaamiseen, analysointiin ja kehitykseen.**

**Oletuksena datan keruulle oli, että ERP-järjestelmästä ladattava data on luotettavaa eikä dataintegraatiossa tarvitse rakentaa vaativaa virheenkorjausproseduuria. Järjestelmässä olevan datan laatuun vaikuttaa ensisijaisesti käyttäjien kirjausten tarkkuus, ja dataa on vain niistä toiminnoista, jotka järjestelmässä on otettu käyttöön ja siihen on implementoitu. Lisäksi se, miten tuoterakenteet on järjestelmään rakennettu, vaikuttaa siihen, miten helposti tuotantoon liittyviä seikkoja saadaan datasta esiin.**

**Kehitetty datankeräysmenetelmä sopii kehitysprojektien käyttöön, kunhan tiedostetaan datan käyttöön liittyvät edellä mainitut rajoitteet. Keräysmenetelmää käytettäessä on kulloinkin tärkeimpään käytettävään dataan liittyvien keskeisten toimintojen oltava toiminnanohjausjärjestelmässä kunnossa, mutta jatkuvaan mittaukseen ei tästä menetelmästä puutteiden vuoksi ole.**

**Kehitysprojektin varmennuskokeen tuloksista voitiin havaita, että ottamalla käyttöön parannusvaiheessa määritellyt toimenpiteet, tavoitteena ollut läpimenon määrän päivittäisten arvojen keskiarvo ylittyy ja läpimenoajan keskiarvo alittuu. Vaihtelu pienenee siten, että parannuksen jälkeen voidaan yltää yli 80 prosentissa tuotantopäivistä asetettuihin läpimenon ja läpimenoajan vaatimuksiin, mikä olisi huomattavasti lähtötasoa parempi tilanne.**

**Avainsanat:** data-analyysi, datankeruu, DMAIC, ERP-järjestelmä, Lean Six Sigma

**Saastamoinen J. (2021) Data collection method from ERP System in production development project.** University of Oulu, Degree Programme in Computer Science and Engineering. Master's Thesis, 60 p.

## **ABSTRACT**

Data integration and centralized data storage enable companies to collect large-scale data. However, data management is challenging, which is why easy-to-use data marts are not always built. In this case, comprehensive reports to enable accurate control of activities are not available.

This thesis focuses on the functionality of a data collection method developed for a Lean Six Sigma project to improve the profitability of a production line in a technology industry subcontracting company. The starting point was the Six Sigma DMAIC process, which uses data analysis tools to reduce process variability while improving the target average. The aim of this project was both to shorten the lead time of the process and to improve the throughput.

The requirement of the project was that the data collection should work in the company's existing software environment and that the data should be easily available for data analysis. The main research question was how to collect data from the ERP system for production measurement, analysis, and development.

The developed data collection method is suitable for use in development projects, if one is aware of limitations related to the use of the ERP data. When using the collection method, the key functions related to the most important data used must be in order in the ERP system, but due to the shortcomings of this method it is not suitable for continuous measurement.

From the results of the validation test of the development project, it was found that by implementing the measures defined in the improvement phase, the target is exceeded. The variability is reduced significantly compared to the initial level.

**Key words:** data analysis, data collection, DMAIC, ERP System, Lean Six Sigma

# SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ .....	2
ABSTRACT.....	3
SISÄLLYSLUETTELO .....	4
ALKULAUSE.....	5
LYHENTEIDEN JA MERKKIEN SELITYKSET .....	6
1. JOHDANTO .....	7
1.1. Tutkimuskysymykset .....	8
1.2. Käytetyt menetelmät .....	8
1.3. Työn tulokset .....	9
1.4. Työn rakenne .....	9
2. DATAN HYÖDYNTÄMINEN .....	10
2.1. Tietojohtaminen .....	10
2.2. Datan hallinta ja laatu.....	12
2.3. Metadata .....	14
3. TIETOJÄRJESTELMÄARKKITEHTUURI JA TIETOMALLINNUS .....	15
3.1. Datan tallennusjärjestelmät .....	16
3.1.1. Tietolähdejärjestelmäanalyysi.....	17
3.1.2. Dataprofilointi.....	17
3.2. Dataintegraatio ja virheenkorjaus .....	18
3.3. Tietovarasto .....	21
3.3.1. Tietomallinnus .....	21
3.3.2. Moniulotteiset tietomallit.....	22
3.3.3. Laakatietomalli.....	24
3.3.4. Datamartit .....	24
3.4. Liiketoimintatiedon hallinta .....	25
4. LEAN SIX SIGMA .....	27
4.1. Six Sigma ja DMAIC .....	27
4.2. Six Sigman työkaluja .....	28
4.3. Lean ja tuotantoprosessi .....	30
4.4. Lean Six Sigma -projektin datantarve.....	31
5. DATANKERUU ERP-JÄRJESTELMÄSTÄ.....	33
5.1. Datan arvoketju ja dataintegraatiokehys .....	33
5.2. Tietomallinnus .....	35
5.3. Datankeräysmenetelmän tekninen toteutus .....	37
5.4. Mittaristo .....	38
6. KEHITYSPROJEKTI JA TULOKSET.....	41
6.1. Määrittely (Define) .....	41
6.2. Mittaus (Measure).....	43
6.3. Analyysi (Analyse) .....	44
6.4. Parannus (Improve).....	46
6.5. Ohjaus (Control) .....	49
7. JOHTOPÄÄTÖKSET .....	50
LÄHTEET .....	52
LIITTEET .....	55

## **ALKULAUSE**

Tahdon kiittää työn aikaista tehtaanjohtajaa Jarmo Repoa asiantuntemuksesta ja kannustuksesta, ohjaajaani TkT tutkijatohtori Lauri Tuovista tarkoista huomioista ja osaavasta ohjauksesta sekä vaimoani FM Tarja Saastamoista kielenhuollosta.

Iisalmessa 9.6.2021  
Juha Saastamoinen

## LYHENTEIDEN JA MERKKIEN SELITYKSET

ANOVA	Analysis of Variance, varianssianalyysi
BA	Business Analytics, liiketoiminnan analytiikka
BI	Business Intelligence, liiketoimintatiedon hallinta
CRM	Customer Relationship Management, asiakkuuksien hallinta
CSV	Comma-Separated Values, tiedostomuoto, jolla tallennetaan taulukkomuotoista tietoa tekstitiedostoon
DoE	Design of Experiments, koesuunnittelu Lean Six Sigma -projektissa
DMAIC	Define, Measure, Analyse, Improve and Control, ongelmanratkaisuprosessi Lean Six Sigmassa
DQM	Data Quality Management, datan laadunhallinta
DQS	Data Quality Services, datan laadunhallintajärjestelmä
ERP	Enterprise Resource Planning, toiminnanohjausjärjestelmä
ELT	Extract, Load, Transform, kevyt datan virheenkorjausjärjestelmä
ETL	Extract, Transform, Load, datan virheenkorjausjärjestelmä
FMEA	Failure Mode and Effects Analysis, vika- ja vaikutusanalyysi
KPI	Key Performance Indicator, keskeisen suorituskyvyn mittari
LT	Lead Time, läpimenoaika
MSA	Measure System Analysis, mittausjärjestelmän arviointi
PPM	Parts per million, havaintoyksiköiden määrä miljoonaa havaintoa kohden
OLAP	On-line Analytical Processing, yhteenvetotiedon analysointi- ja visualisointitekniikat
SIPOC	Supplier, Input, Process, Output, Customer, palvelun tai tuotteen toimittamiselementtien kuvaustyökalu
SPC	Statistical Process Control, tilastollinen prosessinohjaus
TH	Throughput, prosessin läpimenomäärä
VoC	Voice of Customer, matriisi asiakkaan toiveista
VSM	Value Stream Mapping, prosessin arvovirtakaavio
WIP	Work in process, keskeneräinen työ linjastolla
$C_a$	Kysynnän vaihtelu
$C_e$	Prosessointiajan vaihtelu
$C_p$	Prosessin kyvykkyyden indeksi
$C_{pk}$	Prosessin lyhytaikaisen kyvykkyyden indeksi
$P_{pk}$	Prosessin pitkäaikaisen toimintakyvyn indeksi
$CT_q$	Prosessin jonotusaika
$u$	Prosessin käyttösuhde
$t$	Keskimääräinen prosessointiaika

## 1. JOHDANTO

Tietojohdaminen on käsite, johon kuuluu niin tiedolla johtaminen kuin tiedon johtaminenkin. Molemmat näistä alakäsitteistä jakautuvat vielä useiksi pienemmiksi käsitteiksi, ja tietojohdaminen onkin yritykselle strateginen päätös, joka vaikuttaa koko yrityksen toimintaan. Tiedon johtamisen tärkeä osa-alue on datanhallinta, joka sisältää dataan liittyvät toimet, kuten datan keruun, varmistuksen, jalostuksen ja analysoinnin yrityksen liiketaloutta hyödyttäväksi tiedoksi ja oivalluksiksi.

Dataintegraatio on osa datanhallintaa. Sen tärkein elementti ovat tehokkaat ETL-työkalut, jotka automatisoivat dataintegraation valmistelemalla tallennettavan datan. Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää helpommin toteutettavaa ELT-proseduuria, jossa data kerätään tietolähteestä suoraan tietovarastoon ja muokkaus tapahtuu vasta tietovarastossa. [1 s. 42, 88, 154–157]

Tietojohdamiseen kuuluu myös tilastollisia työkaluja hyödyntävä Lean Six Sigma -parannusmenetelmä, jonka runkona toimii DMAIC-ongelmanratkaisuprosessi. DMAIC koostuu viidestä vaiheesta: Define (määrittely), Measure (mittaus), Analyse (analysointi), Improve (parannus) ja Control (ohjaus), joiden akronyymi nimitys on. Lean Six Sigma -parannusmenetelmää hyödynnetään kehitysprojekteissa, ja koska se perustuu tilastolliseen datan käsittelyyn, on kehitysprojektilla oltava sen tarvitsemaa dataa käytössään. Pk-yritysten toiminnanohjausjärjestelmä (ERP) sisältää pääosan yrityksen tallentamasta datasta, jota kehitysprojekteissa voidaan hyödyntää.

Kehittyvä dataintegraatio ja keskitetty tietovarastointi mahdollistavat yrityksille laaja-alaisen datan keräämisen. Tietojohdamisen haasteena onkin usein käytettävissä olevan datan suuri määrä ja sen hyödyntäminen parhaalla mahdollisella tavalla. Datanhallinta voi kuitenkin olla puutteellista, eikä yrityksessä ole aina rakennettu helposti käytettäviä osastokohtaisia tietovarastoja eli datamartteja. Tällöin osastoilla ei olekaan käytössään kattavia raportteja, joiden avulla toimintaa voisi ohjata tarkasti. Myös tiedon jakaminen ja saavutettavuus on usealle yritykselle ongelma. Dataa ja tietoakin voi yrityksessä olla, mutta se ei saavuta kaikkia sitä tarvitsevia. Aina yritykset eivät myöskään ole huomanneet kaikkia mahdollisia käytössä olevia datalähteitä. Tällöin osa hyödynnettävissä olevasta tiedosta jääkin pimentoon.

Tämä diplomityö on tehty teknologiateollisuuden alihankintayrityksessä, jossa tehdään kokoonpanoa, hitsausta ja pintakäsittelyä. Yrityksessä investoidaan muun muassa Lean Six Sigma -kehitysprojekteihin, joiden tavoitteena on parantaa tuotannon tehokkuutta tai laatua järjestelmällisesti DMAIC-prosessin, tuotantoprosessista kerätyn datan ja tiedon sekä data-analyysien avulla. Yrityksessä kerätään dataa paljolti käsin täytettävien Excel-taulukoin, jotka ovat työläitä, resursseja vieviä ja epäluotettavia. Yrityksen ERP-järjestelmän tallentama data onkin paljolti jäänyt hyödyntämättä.

Tämä työ käsittelee tuotantolinjan kannattavuutta parantavaa Lean Six Sigma -projektia varten tehtyä ERP-järjestelmän sisältämän datan keruuta suunnitelmasta toteutukseen. Työssä keskitytään tiedon keräämiseen, muuntamiseen, varastointiin ja jakamiseen sekä niihin liittyviin tietoteknisiin ratkaisuihin. Tarkoituksena on tarkastella, kuinka kehitetty ERP-datan keruu onnistuu ja pystytäänkö tätä kehitettyä keräysproseduuria hyödyntämään projektin päätyttyä. Tässäkin työssä tarpeellisin osin esitettävistä pintakäsittelylinjan tuotantomittareista sekä tuotannon Lean Six Sigma -kehitysprojektista on tehty myös erilliset asiakirjat, joissa nämä projektin osa-alueet kuvataan tarkemmin. [2–3]

## 1.1. Tutkimuskysymykset

Tämän työn tarkoituksena on kehittää datankeräysmenetelmä kehitysprojektin mittareille ja data-analyyseihin. Datan keruun tulee olla helppoa, ja siitä on saatava dataa helposti analysoitavaksi erilliseen Minitab-ohjelmaan. Erikseen kehitettävän, tätä datan keräysmenetelmää hyödyntävän mittariston tulee toimia yrityksen tietokoneilla olemassa olevilla sovelluksilla, esimerkiksi yrityksen käytössä olevassa MS Office 365 -ympäristössä.

Työn päätutkimuskysymys on, miten ERP-järjestelmästä voidaan kerätä dataa tuotannon mittaamiseen, analysointiin ja kehitykseen. Tutkimuskysymystä tarkentavia kysymyksiä ovat

- mitä pitää huomioida datankeräysjärjestelmän suunnittelussa ja toteutuksessa,
- voidaanko kehitettyä keräysmenetelmää käyttää jatkuvassa tuotannon mittaamisessa,
- kuinka tietomallinnus vaikuttaa datan hyödynnettävyyteen ja BI-mittaristojen (dashboardien) käytettävyyteen ja
- missä määrin datan keräysprosessi on automatisoitavissa.

Päätutkimuskysymyksen avulla selvitetään, onko nyt kehitetty menetelmä sellainen, jolla dataa voidaan käyttää tuotannon mittareissa ja data-analyyseissä. Tarkentavia kysymyksiä käytetään työn onnistumisen arvioinnissa, mutta myös jatkokehityspohdinnoissa.

## 1.2. Käytetyt menetelmät

Tämän diplomityön tutkimusote on konstruktiivinen, jossa tavoitteena on löytää ratkaisu tunnistettuun ongelmaan. Ratkaistavana ongelmana oli se, että yrityksessä oli kerätty dataa paljolti käsin täytettävin Excel-taulukoin, jotka ovat työläitä, resursseja vieviä ja epäluotettavia. Yrityksen ERP-järjestelmän tallentama data olikin paljolti jäänyt hyödyntämättä. Etenkin data-analyyseihin pohjautuvissa kehitysprojekteissa datankeruun luotettavuus ja nopeus ovat erityisen tärkeitä.

Konstruktiivinen tutkimus alkaa teoreettisen ja käytännön tiedon hankinnalla. Tässä kehitysprojektissa se tarkoitti tiedonhankintaa kehityskohteena olleesta maalauslinjasta ja linjaan liittyvien tietojen tarkastelemista ERP-järjestelmässä. Tietoja piti muuntaa ja täydentää projektiin sopiviksi, jotta tiedot tukivat projektia halutulla tavalla. Tietojen pohjalta kehitettiin datankeräysmenetelmä, jonka soveltuvuutta myös testattiin.

Datankeräysjärjestelmä kehitettiin Excel Power Pivot -ohjelmalla. Koska käytössä oli vain yksi luotettavana pidetty tietolähde (ERP), ei kerätyn tiedon puhdistamista nähty tarpeellisenä, minkä vuoksi toteutettiin kevyt ELT-proseduuri vaativamman ETL:n sijaan. Yrityksen ERP-järjestelmää voitiin pitää luotettavana tietolähteenä, koska se tallentaa yrityksen toiminnot sellaisenaan ja etenkin työaika- ja työvaiheleimausten paikkansapitävyyteen oli yrityksessä ennakoon kiinnitetty erityistä huomiota. Dataa pystyttiin keräämään siten, että tuotannon mittaaminen onnistui ja kehitysprojekti saatiin suoritettua tavoitteiden mukaisesti.



### **1.3. Työn tulokset**

Kehitetty menetelmä datan keräämiseen toiminnanohjausjärjestelmästä toimii ilman lisäohjelmistoja Office 365 -ympäristössä ja sopii käytettäväksi kehitysprojekteissa, kunhan huomioidaan datan käytettävyyteen liittyviä seikkoja. Järjestelmässä olevan datan laatuun vaikuttaa ensisijaisesti käyttäjien kirjausten tarkkuus, ja siitä saadaan helposti esille vain niitä toimintoja ja mittauksia, joita järjestelmässä on otettu käyttöön tai siihen on implementoitu.

Kehitettyyn keräysmenetelmään liittyy kuitenkin monia heikkouksia, eikä sitä voikaan suositella käytettäväksi jatkuvaan datankeruuseen. Laakamallisesta tietotaulusta on hankala muodostaa kattavia dynaamisia raportteja, ja käytettävään tietomalliin olisikin kiinnitettävä enemmän huomiota.

### **1.4. Työn rakenne**

Tämä diplomityö koostuu kolmesta pääosasta, joista ensimmäinen esittelee työn ja sen vaatimukset ja tutkimuskysymykset (luku 1) sekä teoriaa (luvut 2–4), toinen osa yritykselle tehdyn työn (luku 5) sekä kehitysprojektin (luku 6) ja kolmas osa (luku 7) yhteenvedon ja johtopäätökset. Teoriaosa käsittelee tietojohdantamista, sen osa-alueista tiedon johtamista ja tässä työssä tärkeimpänä tiedonhallintaa. Tiedonhallinnan jälkeen käsitellään tietojärjestelmä- ja data-arkkitehtuuria. Lopuksi käsitellään vielä tietojohdantamisen osa-alueita, kuten Lean Six Sigmaa ja liiketoimintatiedon hallintaa (BI).

## 2. DATAN HYÖDYNTÄMINEN

Yrityksen datan hyödyntäminen päätöksenteon ja ennusteiden tukena vaatii sen, että yrityksellä on käytössään laadukasta dataa, jonkinlainen tietovarasto sekä kattava ja kätevä raportointityökalu. Lisäksi tarvitaan yrityksenlaajuinen strategia tai näkemys, jolla olemassa olevaa tietoa hyödynnetään parhaalla mahdollisella tavalla. Tätä tietoon perustuvaa johtamista kutsutaan tietojohdantamiseksi. [1]

### 2.1. Tietojohdantaminen

Tietojohdantaminen on käsite, jonka painopiste on hankitun ja kerätyn tiedon hyödyntämisessä. Tietojohdettu organisaatio tunnistaa organisaation tietotarpeet ja jakaa tietoa sitä tarvitseville. Tällainen organisaatio rakentaa prosessit ja ympäristöt siten, että tieto on helposti saatavilla. Tärkeitä resursseja ovat yksilön osaaminen, käytettävät tietojärjestelmät sekä johtamismallit. [1 s. 8–10, 4 s. 165–169, 5 s. 31, 6–10]

Tietojohdantaminen voidaan jakaa kahteen osakokonaisuuteen: tiedolla johtamiseen sekä tiedon johtamiseen. Tietojohdantamisessa tieto on tärkeää, ja sitä kerätään eri lähteistä ja eri formaateissa. Lisäksi apuna käytetään eri teknologioita, joiden yhteinen piirre on tiedon hallinta ja jakaminen sekä päätöksenteon avustaminen. Tietojohdantamisen alakäsitteisiin kuuluvat muun muassa tiedonhallinta, tietämyksenhallinta ja liiketoimintatiedon hallinta eli business intelligence. [1 s. 8–10, 4 s. 165–169, 5 s. 31, 6–10]

Tietojohdantamisen alalla käytetään yleisesti kolmea eri käsitettä kuvaamaan tiedon eri tasoja. Nämä ovat *data*, *informaatio* ja *tietämys*. Data on tiedon alin taso, joka koostuu rakenteettomista tosiasioista. Informaatio on rakenteellista dataa, jota voidaan käyttää analyyseissä, mutta tietämys sen sijaan on usein kokemukseen perustuvaa inhimillistä tietoa. Tietoa voidaan jalostaa prosesseilla ja toiminnoilla, jotka siirtävät tiedon tasolta seuraavalle. [1 s. 8–10, 4 s. 165–169, 5 s. 31, 6–10]

Toinen erottelu voidaan tehdä hiljaisen tiedon ja eksplisiittisen tiedon välillä. Hiljaisen tiedon ajatellaan olevan ihmiselle kokemuksen kautta kertynyttä tietoa, joka on osin tiedostamatonta. Tätä tietoa voidaan kuvata myös intuition ja osaamisena. Eksplisiittinen tieto on usein kirjalliseen muotoon puettua tietoa, jota voidaan tallettaa ja siirtää helposti. [1 s. 8–10, 4 s. 165–169, 5 s. 31, 6–10]

Tietojohdantamisen keskeisenä haasteena ja johtamistoimintojen kehittämisen lähtökohtana on tietoon pohjautuvan arvonluontilogiikan ymmärtäminen. Tiedosta syntyy arvoa, kun tietoa hyödynnetään niin operatiivisessa työssä kuin toiminnan kehittämisessäkin. Tietojohdantamisessa tulee määritellä, mitä tietoa kerätään ja miksi, jotta kerääminen tukee liiketoimintastrategiaa ja tavoitteiden saavuttamista, koska pelkkä kerääminen ja varastointi ei synnytä tiedolle lisäarvoa. Tiedon analysointikin on turhaa ilman ymmärrystä tiedon soveltamisesta. Tietojohdantaminen on kokonaisvaltainen toiminto, jolla tuetaan organisaatioiden arvonluontiprosessia. Se kuuluu jokaisen organisaation työhön, ja sen tehtävänä on muodostaa kokonaiskuva organisaation hallussa olevasta tiedosta ja valjastaa se palvelemaan liiketoimintaa. Tiedon paremmalla hallinnalla voidaan pyrkiä laskemaan kustannuksia ja kasvattamaan tehokkuutta. Kasvattamalla asiakkaan kokemaa hyötyä voidaan siten lisätä asiakasarvoa. [6, 8, 11 s. 432–435]

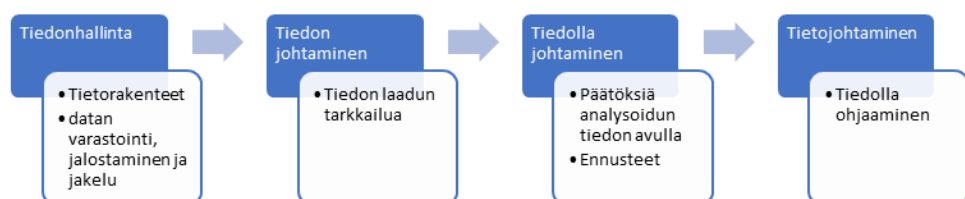
Tietojohdamisen suurin ongelma on se, että yrityksillä on valtava määrä dataa, josta informaatio ja tieto pitäisi saada analysoitua esiin. Tietotulvasta onkin tullut keskeinen tietotyön tuottavuushaaste. Myös tiedon saavutettavuus on iso haaste. Teknisistä ratkaisuista huolimatta tieto ei aina tunnu kulkevan asiantuntijoiden, johdon ja henkilöstön välillä. [1 s. 8–10, 6]

Tiedolla johtaminen on johtamisen osa-alue, jonka taustalla on ajatus tiedon merkittävästä roolista organisaatioiden menestymisessä. Se on yrityksen strateginen valinta. Tiedolla johtaminen tarkoittaa oikeaan tietoon perustuvaa päätöksentekoa, joka pitää sisällään kaiken analytiikan ja tekoälyn. Tiedolla johtamiseen kuuluu paljon enemmän kuin yrityksessä yleisesti käytettävät raportit ja dashboardit, joiden katsantosuunta on menneisyydessä. Tiedolla johtamisessa katse on usein tulevassa, analyyseissä ja ennustamisessa, ja teknologia on tärkeässä roolissa. Ilman asianmukaista tietojärjestelmää dataa, informaatiota ja siten myöskään tietoa ei voida saada riittävästi analysoitavaksi ja päätöksenteon tueksi. [6–8]

Tiedon johtaminen on tärkeä osa yrityksen toimintoja, ja sillä tarkoitetaan datan ja tiedon hallintaan liittyviä toimia sekä tietovarastojen ja -virtojen hallintaa. Siihen kuuluvat muun muassa yrityksen perustoimintoihin kuuluvat intranet ja extranet sekä tietokantahallinta. Hyvä ja onnistunut tiedon johtaminen yrityksessä mahdollistaa myös entistä paremman tiedolla johtamisen ja kilpailukyvyyn kehittämisen tallennettua tietoa hyödyntäen. [4 s. 29–30, 7, 11 s. 16–20]

Tiedonhallinta eli data management on osa tiedon johtamista ja sisältää käytettävät tietorakenteet ja datan käsittelyn perustoimenpiteet. Tiedonhallinta ja tiedon jakaminen aiheuttavat jokaiselle organisaatiolle haasteita. Ohjelmiin tallennettua dataa käytetään ohjelmien ulkopuolella, minkä vuoksi integraatioiden varmistaminen on organisaatiolle tärkeää, sillä datasta on tullut ratkaiseva tekijä tehokkuuden parantamisessa ja tietoon pohjautuvassa kustannusten karsimisessa. Tehokkaalla tiedonhallinnalla yritys voi keskittyä kolmeen tavoitteeseen: tehostamaan tiedonkulkua organisaatiossa, parantamaan datan laatua ja hyödyntämään liiketoimintatietoa. Jotta yritys saavuttaisi nämä tavoitteet, on tärkeä ymmärtää, kuinka data on määritelty ja kuinka sitä on käytetty. Tätä ymmärrystä edesauttaa yrityksen data-alusta. Data-alusta on yhdistelmä arkkitehtuuria, prosesseja, standardeja, ihmisiä ja työkaluja, jotka muuntavat yrityksen datan esitettäväksi ja analysoitavaksi tiedoksi. Yrityksen data-alustan tulee olla yhtenäinen järjestelmä, jotta sitä voidaan ylläpitää ja kehittää tehokkaasti. [1 s. 76–94, 12]

Kuvassa 1 esitetään, miten tiedonhallinta on tietojohdamisen prosessin perusta. Prosessi alkaa tiedonhallinnasta ja etenee tiedon johtamisen ja tiedolla johtamisen kautta tietojohdamiseen. Aiempien prosessin vaiheiden tulee olla kunnossa ennen kuin seuraavaa tasoa voidaan tehokkaasti käyttää.



Kuva 1. Prosessi tiedon hallinnasta tietojohdamiseen.

Tiedonhallinnasta päästään tietojohdamiseen kahden vaiheen avulla: tiedon johtamisen tasolla tiedon laatua tarkkaillaan ja tiedolla johtamisen tasolla voidaan

analysoitua tietoa käyttää päätöksenteon tukena. Tietojohdamisen tasolla tiedolla voidaan ohjata myös päivittäistä toimintaa.

## 2.2. Datan hallinta ja laatu

Onnistunut tietojohdaminen vaatii oikeaa ja ajan tasalla olevaa tietoa. Tiedon alkulähde on yrityksen data, jolla onkin suuri merkitys moderneissa tuotantotalouden prosesseissa. Data-analytiikkaa voidaan käyttää esimerkiksi laadunvalvonnassa, hukan eliminoinnissa, jatkuvassa parannuksessa ja tuotannon tehostamisessa. Tuotantolaitoksen suorituskyvyn tutkiminen onkin yksi yleisimpiä tuotantoprosessin dataan perustuvia parannuskeinoja. Tuotantokoneisiin sulautetut sensorit tuottavat paljon arvokasta dataa, joka auttaa valvomaan ja mittaamaan tuotantokoneiden tehokkuutta ja kuntoa. Tuotantolaitokset käyttävätkin dataa apuna laskeakseen pienimmän mahdollisen koneseisokkien ajan saaden tuottavuuden kasvamaan. Sensoreiden avulla minimoidaan myös huoltokustannuksia, kun huoltoja tehdään vain silloin, kun se on antureiden perusteella tarpeen, ja huollossa vaihdetaan vain ne osat, jotka todella kaipaavat vaihtoa. Myös yrityksen logistiikkaa sekä myynti-, markkinointi- ja tukiprosesseja voidaan parantaa dataperusteisesti. [13 s. 57–71]

Yrityksen tulee määrittää datalähteet, keräysjärjestelmät, tallennusmenetelmät sekä analyysi- ja raportointimetodit riittävän tarkasti, jotta sen käsittelemä tieto on laadukasta ja luotettavaa. Eri lähteistä kertyvää dataa käytetään tiedon pohjana. Jotta datasta saadaan jalostettua tietoa, tulee ennen datan keräämistä ottaa huomioon, mikä on saatavan tiedon tarkoitus ja tavoite, ketkä käyttävät dataa, kuinka sitä käytetään, kuka hankkii datan ja mitä ehtoja keruulle on. Näihin huomioon otettaviin seikkoihin vaikuttaa kolme ehtoa: Ensiksi hyödynnettävän datan tulee olla riittävän luotettavaa ja virheetöntä. Toiseksi dataa täytyy pystyä analysoimaan ja esittämään ymmärrettävällä tavalla, eli näytteenottojen on oltava rationaalisia eikä keruu saa olla sattumanvaraista. Kolmanneksi tuloksia saa tulkita vain siinä kontekstissa, josta alkuperäinen data on kerätty. Prosessin nykytilaa ei pidä tutkia liiaksi menneiden tietojen perusteella. Jotta data on luotettavaa ja laadukasta, sen tulee täyttää seuraavat viisi määrettä: datan tulee olla puhdasta, yhtenäistä, varmistettua, päivitettyä ja sisällöltään oikeaa. Jalostetun datan käyttökohteita on monia: prosessien ja toimien valvonta, kuvaaminen, luonnehdinta, edustavuus sekä ennustaminen. [1, 11 s. 247–248, 14 s. 86–87, 15, 16 s. 35–37]

Datan keräysprosessi eli mittausprosessi sisältää datan keruun ja haluttujen muuttujien mittaamisen vakiintuneilla systemaattisilla menetelmillä, jotka mahdollistavat datan jalostamisen tiedoksi. Mittausprosessin tulee olla yhdenmukainen, täsmällinen ja tarkka. Ensisijaista datan keruun luotettavuuden suhteen on tunnistaa keruuseen liittyvät virhelähteet. Datan keruun luotettavuus koostuukin kahdesta tekijästä: laadun varmistamisesta, joka tapahtuu ennen datan keruuta, ja laadunhallinnasta, jota tehdään keruun aikana ja sen jälkeen. [15, 17]

Datan laadunhallinta (DQM) käsittää datan varmistuksen, datan yhtenäistämisen sekä datan puhdistamisen. Jopa 80 % datatutkijan ajasta menee datan organisointiin ja puhdistamiseen, jotka pitävät sisällään ne toiminnot, joilla väärä, vajaa, virheellinen tai toisteinen data huomataan. Datan puhdistamistyökalujen käyttäminen ei kuitenkaan poista kaikkia datan laatuun liittyviä ongelmia: työkalut eivät ymmärrä datan ristiriitaisuutta tai vajavaisuutta. [1 s. 326–327, 5 s. 87–88, 11 s. 247–248, 18]

Datan laatua voidaan tarkastella useasta näkökulmasta. Taulukossa 1 on listattu tärkeimpiä datan laatuun vaikuttavia ja sen laadussa huomioon otettavia tekijöitä:

Taulukko 1. Datan laatuun vaikuttavia tekijöitä. [13 s. 126–127]

Accessibility	saavutettavuus	Onko data helposti ja nopeasti käytettävissä?
Accuracy	tarkkuus	Kuvaako data todellisuutta?
Credibility	uskottavuus	Uskotaanko datalähteen ja datan esittävän haluttua tietoa?
Reliability	luotettavuus	Voidaanko tietojen oikeellisuuteen luottaa?
Consistency	johdonmukaisuus	Onko data yhtäläistä eri tauluissa ja järjestelmissä?
Validity	oikeellisuus	Onko data määritelmien ja ohjeiden mukaista?
Interpretability	tulkittavuus	Voiko käyttäjä ymmärtää ja käyttää dataa oikein?
Security	turvallisuus	Kuinka paljon tietoihin pääsyä rajoitetaan ja säännellään luvattoman pääsyn estämiseksi?
Consistence	tiiviyys	Onko data tiiviisti esitettyä?
Relevance	asiaankuuluvuus	Ovatko data ja sen kattavuus merkityksellisiä käyttötarkoituksen kannalta ja täyttävätkö ne nykyiset ja mahdolliset tulevat tarpeet?
Traceability	jäljitettävyyys	Voidaanko datalähde ja sen historia varmistaa?
Redundancy	toisteisuus	Onko dataa toisinnettu tai tallennettu eri järjestelmään tai tauluihin?

Datan laatuun vaikuttavat tekijät vaihtelevat toimintaympäristön ja käyttökohteen mukaan. Yhtä kaikkialle sopivaa mallia ei ole. Yrityksen on määriteltävä etukäteen kehityskohteen kannalta relevantit laatutekijät. [13 s. 128]

Käytettävissä oleva heikkolaatuinen data vaikuttaa yritykseen ja sen toimintoihin monella tavalla, esimerkiksi lisäämällä toimintakuluja, vähentämällä myyntiä ja vaikuttamalla epäedullisesti asiakaskokemuksiin. Lisäksi heikko datan laatu vaikuttaa asiakkaiden, työntekijöiden ja toimittajien luottamukseen ja tyytyväisyyteen huonojen ennusteiden ja raporttien takia sekä myöhästyneiden ja väärin päätösten vuoksi. Huono datan laatu lisää myös työkuormaa heikentyneen saannon ja lisääntyneiden korjaustöiden vuoksi. Lisäksi työprosesseja ei saada kuntoon. Työturvallisuusriskien toteumiin ja asiakasreklamaatioiden hoitoon kuluu yrityksellä paljon resursseja, jos käytettävissä oleva data ei kerro ja osoita asioita riittävästi. [13 s. 30–39]

### 2.3. Metadata

Metadatatalla tarkoitetaan dataa, joka kuvaa varsinaisen datan rakennetta ja ominaisuuksia, ja sillä onkin tärkeä rooli datan hyödyntämisessä. Tietovarastointi ja yrityksen liiketoimintatiedon hallinta voivat saada paljon lisäarvoa hyödyntämällä metadataa. Hyvä metadatan hallinta on tärkeää onnistuneessa BI-projektissa, koska metadatatalla voidaan kuvata konseptuaalista, loogista ja fyysistä informaatiota, jota tarvitaan muuttamaan sirpaleinen data yhteneväksi hyödynnettäväksi kokonaisuudeksi. Lisäksi metadatatalla voidaan kuvata datarakenteita, joita tietovarastossa on käytetty. Metadataan voidaan kirjata datan historiatietoa sekä tietoa analyytikoille menetelmien yhtenäisyyden varmistamiseksi, kun erilaisia raportteja muodostetaan. Se tarjoaa myös mahdollisuuden seurata datan kehittymistä informaatioksi erilaisten validointien ja varmistusten kautta. On olemassa useita metadatatyyppisiä, jotka kukin tarjoavat omat tapansa hyödyntää metadataa. Tärkeimmät tyypit ovat tekninen, liiketoiminnallinen ja operatiivinen metadata. [19 s. 119–125]

Tekninen metadata sisältää tarkan kuvauksen tietovarastosta ja tietokannasta ja auttaa järjestelmän kehittäjiä arvioimaan järjestelmiin tehtävien muutosten vaikutusta kokonaisuuteen. Teknistä metadataa käytetään muun muassa tietokantatauluissa ja ETL-työkaluissa. Teknisen metadatan avulla prosessien analysointi ja toteutus helpottuu huomattavasti. [19 s. 119–125]

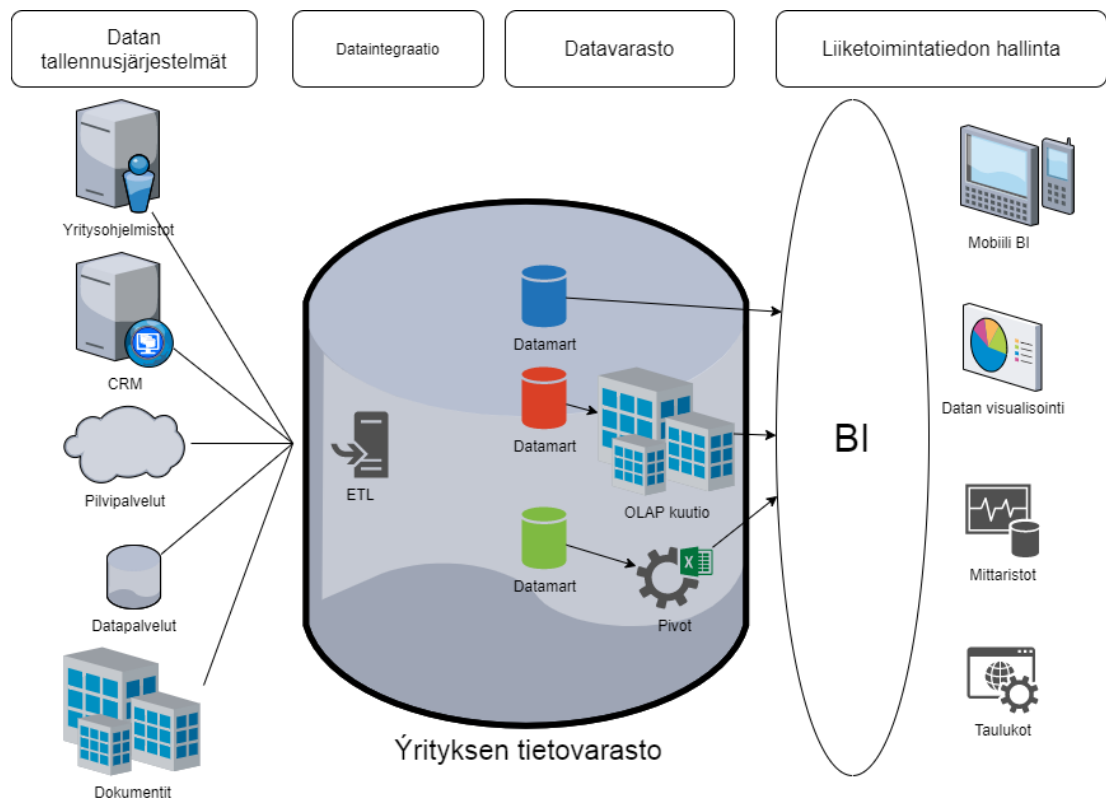
Liiketoiminnallisen metadatan avulla saadaan BI-käyttäjille tietoa tietovarastosta, taulujen kuvauksista, tietokartoituksesta, datan alkuperästä, datan laadusta ja käyttöoikeudesta sekä raportointidirektiiveistä. Sen avulla voidaan kuvata käytettävät attribuutit ja kaavat ymmärrettävään muotoon, jotta BI-raporttien tuottajat voivat tehdä tarkkoja raportteja yrityksen liiketoiminnasta. [19 s. 119–125]

Operatiivinen metadata koostuu operatiivisesta raportoinnista ja tilastoinnista. Se pitää sisällään muun muassa kaikki tarvittavat käyttölogit, aikaleimat, tapahtumalaskennat ja järjestelmän vasteaikatiedot. [19 s. 119–125]

Metadatan avulla voidaan ratkaista useita teknisiä haasteita, jotka liittyvät dataintegraatioon, tietovarastointiin, raportointiin ja datan laatuun. Tehokas metadatan käyttö edellyttää usein erillisen siihen tarkoitetun sovelluksen käyttöä. Metadatatavarasto (metadata repository) on tietokanta, johon metadata tallennetaan. Sen avulla metadata voidaan integroida osaksi yrityksen muuta tietokantaa, jolla metadata jaetaan tehokkaasti. Usein erillisten tietokantojen tehokas yhdistäminen edellyttää samankaltaisen metadatan käyttöä. [19 s. 130]

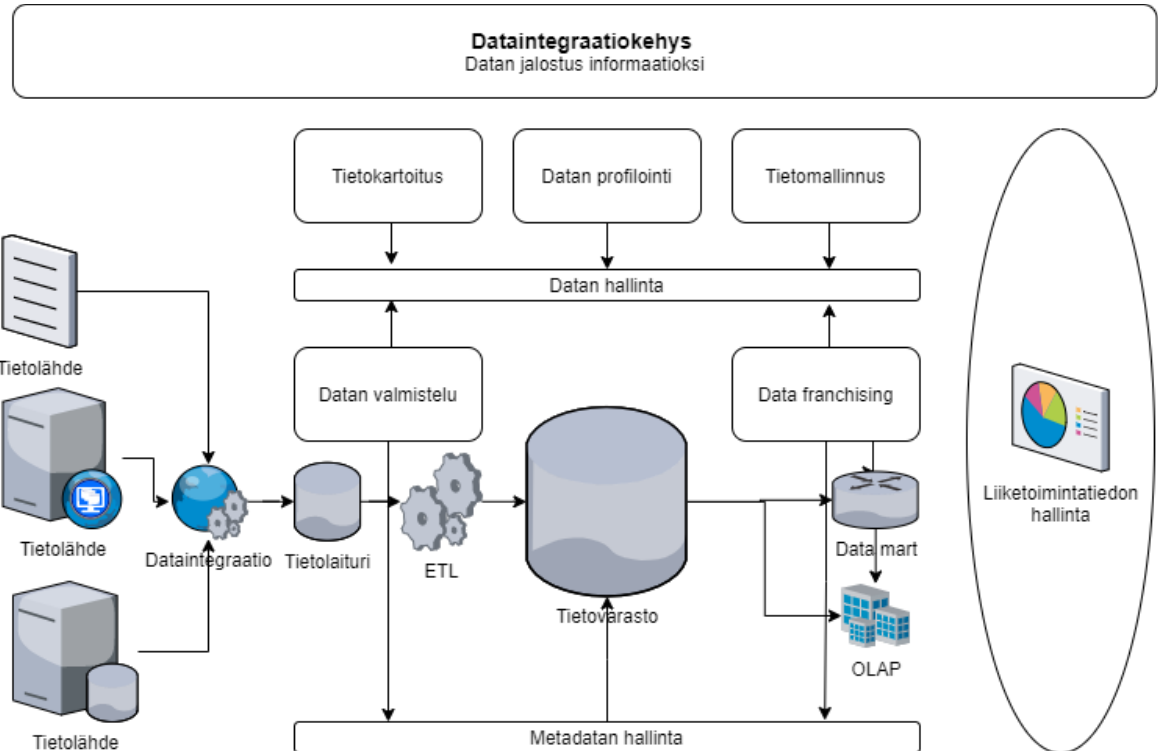
### 3. TIETOJÄRJESTELMÄARKKITEHTUURI JA TIETOMALLINNUS

Liiketoimintatiedon hallinta eli business intelligence (BI) tuo yrityksille mahdollisuuden koostaa tietoa asiakkaista, kilpailijoista ja sisäisistä toiminnoista. Tätä koostettua tietoa voidaan käyttää yrityksessä päätöksenteon tukena. Liiketoimintatiedon hallintaan liittyy kiinteästi yrityksen tietojärjestelmäarkkitehtuuri, joka määrittelee ne teknologiat, jotka implementoivat ja tukevat BI-ratkaisuja ja täyttävät tiedonhallinnan ja data-arkkitehtuurin vaatimukset. Nämä teknologiat kattavat koko liiketoimintatiedon hallinnan elinkaaren, niin suunnittelun, testaukset, käyttöönoton, ylläpidon, kehityksen kuin käyttäjätuenkin. BI:n tekniseen arkkitehtuuriin kuuluu neljä toiminnallista tasoa, jotka on esitetty kuvassa 2. Alin taso on yrityksen kaikki datalähteet ja tallennusjärjestelmät. Lähteinä on usein muitakin kuin ERP-järjestelmä. Toinen taso on dataintegraatio, johon sisältyy datavaranon virheentarkistus- ja -korjausjärjestelmä ETL:n työkalut sekä esimerkiksi datan virtualisointi- ja datapalvelutyökalut. Kolmas taso on data- eli tietovarasto, joka sisältää muun muassa paikalliset tietovarastot eli datamartit ja moniulotteiset OLAP-tietokannat. Ylin toiminnallinen taso on liiketoimintatiedon hallinta, johon kuuluvat BI:n raportointi-, analysointi- ja ennustustyökalut. [1 s. 35–40, 72–78, 9 s. 26–28, 11 s. 240]



Kuva 2. Esimerkki yrityksen tietojärjestelmäarkkitehtuurista.

Jotta tietojärjestelmään voidaan integroida eri tietolähteitä ja niiden sisältämää dataa voidaan täysimääräisesti hyödyntää, tulee suunnitella dataintegraatiokehys. Se on suunnitelma, jolla kuvataan datan johdonmukainen jalostaminen mittareille ja yrityksen ohjaamiseen. Se koostuu eri arkkitehtuureista, prosesseista, standardeista ja työkaluista, joilla saadaan käyttöön tarvittavia raportteja ja analyyseja. Kuvauksen tavoitteena on antaa tarvittava tieto, siitä mitä dataa kerätään ja kuinka kerättyä dataa käsitellään, jotta se jalostuu yritystä hyödyntäväksi tiedoksi. Kuvassa 3 on esimerkki dataintegraatiokehuksesta, jossa on kuvattu kaikki käytettävät datalähteet, dataintegraatioprosessin tärkeimmät vaiheet, tiedonhallinnan osa-alueet, tietojärjestelmäarkkitehtuuri ja raportointi pääpiirteittäin. [1 s. 86–88]



Kuva 3. Esimerkki dataintegraatiokehyskaaviosta.

### 3.1. Datan tallennusjärjestelmät

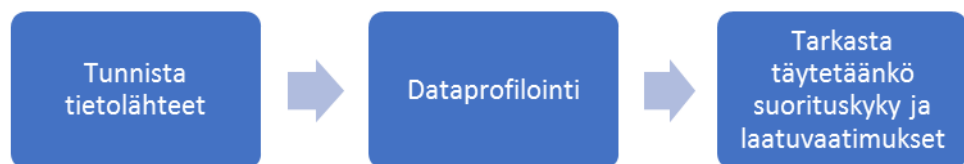
Kun tietojärjestelmää yrityksessä kehitetään, tulee tunnistaa ne yrityksen käytössä olevat datan tallennusjärjestelmät eli tietolähteet, joista tarvittavaa dataa saadaan. On hyvä tunnistaa datan elinkaari jo tässä vaiheessa ja määritellä ne tiedonhallintaan liittyvät prosessit, joilla varmistetaan datan laatu latausvaiheen ja elinkaarensa aikana. Datan laatua ylläpidetään erillisen puhdistusprosessin avulla, ja kun uusia datalähteitä otetaan käyttöön, tulee datanhaun ja datan puhdistusprosessin olla määritellyt sillä tasolla, joka pystytään toteuttamaan. Tämä määrittely usein jätetään yrityksissä tekemättä, sillä vallalla on ajattelutapa, jonka mukaan lähdejärjestelmien tulee ylläpitää datan laatua. Datanhaku toteutetaan usein BI-järjestelmiin dataa muokkaamatta. [1 s. 51, 103–104]



### 3.1.1. Tietolähdejärjestelmäanalyysi

Eri tietolähteitä tarkasteltaessa yrityksen on hyvä määrittää tiedonhallinnan organisointiin liittyvät seikat, jotka sisältävät tietomallinnuksen, tallennusratkaisut, tietoturvan, integroinnin, tiedon laadun, tietoarkkitehtuurin ja -varastoinnin sekä dokumenttien hallinnan. On myös määritettävä se, missä vaiheessa elinkaarta datasta tulee liiketaloudellinen riski. Data voi olla lähdejärjestelmässä laadukasta, mutta se ei synkronoidu automaattisesti muista lähteistä ladatun datan kanssa, eli datan elinkaareen vaikuttaa eri lähteistä yhdistettävien tietojen yhteneväisyys. Sinänsä onkin mahdollista, ettei eri järjestelmien sisältämää laadukasta dataa välttämättä kyetä yrityksessä yhdistämään. Yritykset käyttävätkin paljon resursseja eri ohjelmien välisten tietojen yhtenäistämiseen. [1 s. 104–105]

Jo tässä vaiheessa tulee suunnitella datan käyttöä kuvaava data-arkkitehtuuri, datan vaatimusmäärittelyt, tietolähdejärjestelmäanalyysi ja tarvittavat tietomallinnukset. Tietolähdejärjestelmäanalyysi sisältää dokumentaation datalähteiden käyttöön (tietokannat tai ohjelmat), dataprofilointiin sekä suorituskyvyn ja laadun määrittelyt. Tietojärjestelmäanalyysin prosessi on esitetty kuvassa 4. [1 s. 280–284, 310, 13 s. 361]



Kuva 4. Tietolähdejärjestelmäanalyysin prosessi.

### 3.1.2. Dataprofilointi

Dataprofilointi on prosessi, jonka avulla pyritään kuvaamaan raakadatan sisäisiä ominaisuuksia. Dataprofilointi käsittää useita eri tilastollisia ja analyttisiä algoritmeja, joiden avulla saadaan kokonaiskuva siitä, miltä data näyttää, sekä tietoa data-arvojen laadullisista ominaisuuksista. Dataprofilointi sisältää sarakeanalyysit, tietotyyppimäärittelyt, relaatioanalyysit ja sarakkeiden riippuvuussuhteiden tutkimisen. Eräs dataprofiloinnin tarkoituksista on löytää uutta ja validoida jo olemassa olevaa metadataa. Dataprofilointi on tiedonkäsittelyprosessi, jolla varmistetaan tiedon yhteneväisyys myöhempää integrointia varten. Prosessi on hierarkkinen, ja siihen kuuluvat attribuuttianalyysi, relaatioanalyysi ja riippuvuussuhdeanalyysi. [20 s. 130–134]

Dataprofilointi alkaa attribuuttianalyysillä, jossa tarkastellaan ja kuvataan sarakkeen kaikkia arvoja. Analyysillä saadaan paljon metadataa ja tietoa datan laadun määrittelyyn. Tyypillisesti käytettäviä metodeja ovat joukkoanalyysi, tyyppiarviointi, tiheysjakauma, arvon puuttuminen ja ylikuormitus. Joukkoanalyysissä määritetään, onko arvo esimääritellyissä rajoissa. Tyyppiarvioinnissa pyritään määrittämään tuntemattoman arvon formaatti. Tiheysjakaumassa näytetään kunkin sarakkeearvon esiintymisen määrä ja siinä lasketaan sarakkeen minimi- ja maksimiarvot sekä keskiarvo ja -jakauma. Arvon puuttumisessa lasketaan, kuinka suuri osa saraketiedoista on asettamatta (arvossa

*null*). Ylikuormituksessa pyritään selvittämään, käytetäänkö jotain attribuuttia useaan eri tarkoitukseen. [20 s. 135–136]

Relaatioanalyysi keskittyy määrittelemään riippuvuuksia tietojoukkojen välille. Tämän vaiheen tarkoituksena on löytää riippuvuuksia sarakkeiden välillä, joko samassa tai eri tietotaulussa. Analyysi koostuu kahdesta vaiheesta: tietotunnisteiden tunnistamisesta ja niihin liitettyjen viitteiden löytämisestä. Tietokannoissa käytetään usein viiteavaimia toteuttamaan näitä relaatioita. [20 s. 143–144]

Riippuvuussuhdeanalyysi etsii tietojen välisiä riippuvuuksia, ja sitä käytetään apuna tietojen normalisoinnissa. Analyysissä etsitään sellaisia attribuuttiarvoja, jotka ovat sidoksissa keskenään, tällöin niistä voidaan muodostaa oma taulunsa ja käyttää luotua viittausta alkuperäisessä tietotaulussa. [20 s. 144–145]

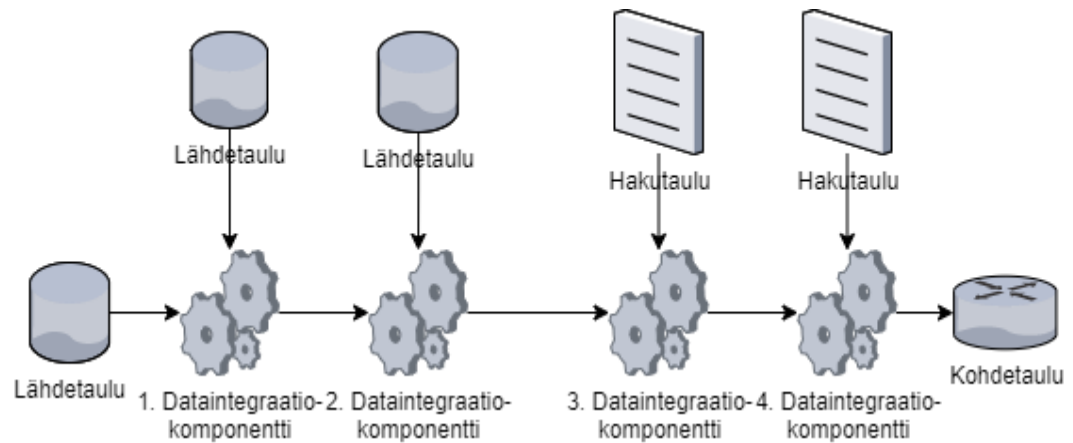
Ennen dataintegraatiota yrityksen tulee määrittää ne tiedonhallinnan tavat, joita se tarvitsee luodakseen yhteneväisen tietojärjestelmän. Eri tietolähteet tulee tunnistaa, data ja sen käyttökohteet määrittää ja luoda hyväksyttävä tietomalli, joka voidaan yhdistää kohdejärjestelmän tietomalliin. Lisäksi tulee kehittää toimiva integraatioprosessi, joka toteuttaa luodun tietomallin. [1 s. 105–106]

### 3.2. Dataintegraatio ja virheenkorjaus

Dataintegraatio kattaa ne toiminnot, joita tarvitaan eri datalähteiden integroimiseen keskitettyyn tietovarastoon. Se on eniten aikaa vievä osio rakennettavassa BI-ympäristössä. Datalähteitä voivat olla erilaiset yritysohjelmistot kuten ERP-järjestelmä ja asiakashallintaohjelmisto (CRM), pilvi- ja datapalvelut sekä erilaiset sähköiset dokumentit. Jokainen lähde tarvitsee oman rajapinnan ja ETL-proseduurin, jolla ne yhdistetään yhdeksi kokonaisuudeksi. ETL-proseduurissa data profiloidaan ja sen laatu varmistetaan. On arvioitu, että jopa 70 % BI-projektin ajasta kuluu dataintegraation rakentamiseen. Tästä valtaosa käytetään ETL-työkalujen kehittämiseen. Näillä työkaluilla dataa voidaan käyttää uudelleen eri kohteissa, tietovirtaan saadaan virheenkäsittely ja varmistetaan, että käytettävä data on robustia, laadukasta ja palautettavissa. Datan puhdistamista voidaan tehdä ETL-proseduurin lisäksi myös niin lähde- kuin kohdejärjestelmässäkin. [1 s. 277–310, 13 s. 346–354]

Dataintegroinnin ennakko vaatimuksena on, että data-arkkitehtuuri, datan vaatimusmäärittelyt, lähdejärjestelmäanalyysi ja tarvittavat tietomallinnukset on suunniteltu. Kun nämä suunnitelmat on tehty, voidaan suunnitella laadukas dataintegraatio. Dataintegraatiosuunnitelman ensimmäinen vaihe on kuvata konseptuaalinen dataintegraatio, jossa kuvataan jokainen tietolähde ja ne kohteet, joihin tieto ladataan. Seuraavaksi tehdään tarkempi loogisen tason dataintegraation kuvaus. Siinä kuvataan eri lähteiden tallennusmuodot sekä taulut, joista dataa haetaan ja joihin sitä ladataan. [1 s. 285–287, 310, 13 s. 361]

Lopuksi suunnitellaan fyysinen dataintegraatio, jossa esitetään kaikki se data, jota eri lähteistä ladataan. Tällä tasolla kuvataan myös ne tietokantakutsut, joita latauksessa käytetään. Yrityksellä ei saisi olla dataa, jota ei ole kuvattu tällä tasolla. Kuvassa 5 on esimerkki dataintegraation fyysisestä mallista, jossa dataa haetaan useasta lähdedatataulusta. Jokainen eri dataintegraatiokomponentti on itsenäinen osionsa, jolla kohdetauluun saadaan lisäsarakeita eri tekniikoita käyttäen. [1 s. 288]



Kuva 5. Dataintegraation fyysinen malli.

Dataintegraatioon kuuluu myös tietokartoitus (data mapping), johon kuuluu kuvaus kaikista kohde- ja lähdetauluista sekä selvitys siitä, mitä kohdetaulun saraketta kukin lähdetaulun sarake vastaa. Tietokartoituksen tulee vastata ennalta suunniteltua tietomallia. Suurissa järjestelmissä kannattaa tehdä myös kartoitusta tarkemmin kuvaava tietokartoitustaulu, jossa muun muassa ylläpidetään kartoituksen muutoslogia sekä tietoa taulun datatyypeistä, taulujen avaimista ja sarakkeiden lähteistä. [1 s. 289, 21]

Dataa ei yleensä voi ladata suoraan lähteestä BI-työkaluihin ilman datan valmistelua, joka on dataintegraation ydinprosessi. Se sisältää kaikki toiminnot datan keruusta tallentamiseen. Datan valmisteluun kuuluu siten oleellisena osana ETL-proseduuri, ja se koostuu useasta vaiheesta, jotka on esitetty kuvassa 7. Valmistelun ensimmäinen vaihe on datan kerääminen lähdejärjestelmästä. Tämän jälkeen sitä muokataan ennakolta päätettyjen sääntöjen mukaan. Muokkaavia vaiheita ovat esimerkiksi dataformaatin muutos, datan varmistaminen, tietomuunnos ja datan puhdistaminen. Näiden jälkeen data on varmistettu ja se voidaan tallentaa tietojärjestelmään. Jos aiempien vaiheiden suunnitelmat on tehty hyvin, datan valmistelu voidaan toteuttaa järkevästi. Yleisesti tämä vaihe on aikaa vievin osuus tietojärjestelmien kehityksessä. [1 s. 88–89]

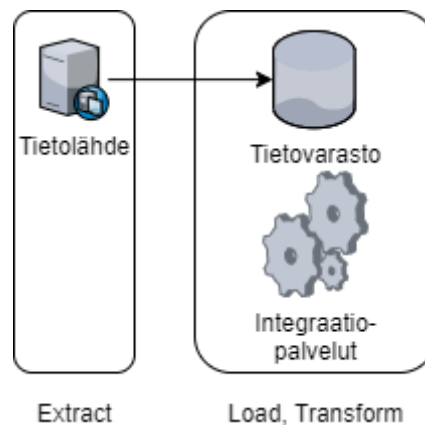


Kuva 7. Datan valmisteluprosessi.

Koska laadukasta dataa voidaan hyödyntää tehokkaasti yrityksen toiminnassa, on varmistettava, että ladattava data todella on laadukasta. Varmistamiseen kuuluu tärkeänä osana datan puhdistaminen, jolla tarkoitetaan virheiden etsintää, tietokartoitusta ja mahdollisia tarkastelusääntöjä riippuen datan arvoista ja arvoalueista. Nämä voidaan yleisesti toteuttaa ETL-työkaluilla, mutta tärkeä datanlaatuun kuuluva seikka on myös datan yhtenäisyys etenkin, kun tietoa ladataan useasta lähteestä. Tietojen valmistelussa täytyy siten ottaa myös tämä aspekti huomioon. [1 s. 89–91]

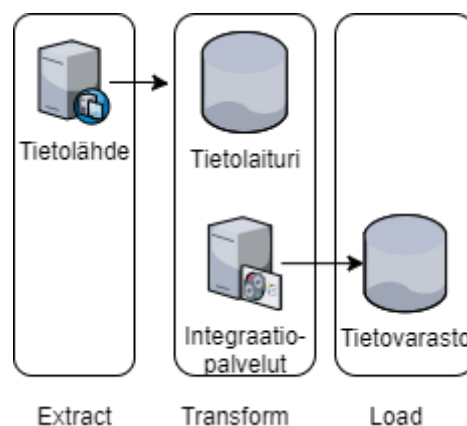
Datalähde voidaan integroida järjestelmään käyttäen joko ETL- tai ELT-proseduuria. Ne ovat akronymeja sanoista Extract (talleta), Transform (muunna) ja Load (lataa). ETL-proseduurin käyttö edellyttää yleensä erillisten ETL-työkalujen hankkimista, mutta sen avulla saadaan ladattua tietovarastoon yhtenäistä ja valmiiksi puhdistettua dataa tietovarastoon toisin kuin ELT-proseduurilla, jossa tieto ladataan suoraan lähteestä kohteeseen. [20 s. 192–193]

ELT:tä käytetään yleensä vain pienissä tietojärjestelmissä, ja se onkin kustannustehokas tapa integroida tietolähteitä järjestelmään. ELT:ssä data ladataan tietolähteestä suoraan tietovarastoon ja datan muokkaaminen tapahtuu latauksen jälkeen. Virheentarkastukset ja tietomuunnokset voidaan tehdä välittömästi latauksen jälkeen, jolloin käytettävän datanlaatu pysyy mahdollisimman hyvänä. Kuvassa 8 esitetty ELT-proseduuri. [1 s. 156]



Kuva 8. ELT-proseduuri.

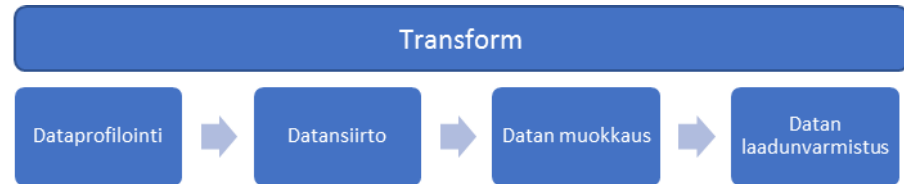
Yleisesti ETL-proseduuri on oleellinen osa dataintegraatiota. Kuvassa 9 esitettyä ETL:ää voidaan käyttää suurissa tietojärjestelmissä. Siinä tieto ladataan lähteestä ensin tietovaraston lastauslaiturille (staging area), jossa muunnosvaiheen metodit käyttävät ja muokkaavat ladattua dataa. Vasta tarvittavien muokkaustoimien jälkeen tieto ladataan puhdistettuna tietojärjestelmään. [1 s. 154–157]



Kuva 9. ETL-proseduuri.

ETL:n avulla pyritään siihen, että käytettävä data on puhdasta, yhtenevää, vahvistettua, ajantasaista ja kattavaa. Kaikkia lähdedatalle tehtäviä muutoksia ei tehdä yhdellä kertaa, vaan ETL:n transform- eli muokkausvaihe jaetaan useaksi

vaiheeksi, joissa jokainen vaihe muokkaa lähdedataa tiettyjen ohjeiden mukaan. Vaiheet on esitetty kuvassa 10. Ensimmäinen vaihe on dataprofilointi, jonka dokumentti on lähdejärjestelmänalyysi, ja seuraava vaihe on datansiirto, jonka dokumentti on tietokartoitus. Tässä vaiheessa lähdedataa voidaan yhdistää ja osittaa. Seuraavana on datan muokkausvaihe, jossa datatauluja ja dataformaatteja muutetaan omissa vaiheissaan. Lopuksi on vielä datan laadun varmistuksen vaihe, jossa lähdedataa puhdistetaan. [1 s. 311]



Kuva 10. Transform-osion jaottelu.

ETL:n datan laatuun vaikuttavat palvelut voidaan tiivistää kolmeen seikkaan: datan yhteneväisyys, johdonmukaisuus ja puhdistaminen. Näiden mukaisesti voidaan tehdä kattavia systemaattisia toimia ennen kuin data ladataan tietovarastoon. [1 s. 311]

### 3.3. Tietovarasto

Hyvin suunniteltu tietomallinnus on kulmakivi, kun yritys rakentaa tietovarastoa tai BI-ympäristöä. Hyvän tietomallinnuksen avulla yritys saa käyttöönsä järjestelmän, jossa data on johdonmukaista, kattavaa ja tuoretta. Tietomallinnuksessa käytetään kolmea esitystasoa: konseptuaalinen, fyysinen ja looginen tietomalli. Konseptuaalinen tietomalli esittää tietokantaympäristön entiteetit ja relaatiot korkeimmalla tasolla. Loogisessa tietomallissa esitetään tietokantataulujen väliset riippuvuudet ja avainrakenteet. Fyysinen tietomalli on näistä kolmesta tarkin mallinnusmuoto, jossa esitetään tietokantataulujen sarakkeenimet, tyypit, riippuvuudet ja pää- ja viiteavaimet. [1 s. 173, 13 s. 50–55]

Suunniteltavien tietomallien rakenteina voidaan käyttää esimerkiksi tähtikaaviota ja lumihutalekaaviota. Ne ovat dimensionaalisia mallinnustekniikoita, joiden avulla voidaan organisoida relaatiotietokantoja. Tähtikaaviossa taulukot eivät ole normalisoituja, kun taas lumihutalekaaviossa ne ovat. Molemmissa kaavioissa hierarkiat on määritelty many-to-one relaatioiksi. Normalisoinnilla vähennetään taulujen datan toisteisuutta ja parannetaan datan ylläpitoa. Moniulotteiset OLAP-kuutiot voidaan järjestää myös lumihutalekaavion mukaan. [13 s. 58–62]

#### 3.3.1. Tietomallinnus

Tietomallinnuksen tarkoituksena on varmistaa yrityksen käyttöön yhtenäinen, kattava ja ajantasainen tieto. Tietomallinnusta voidaan käyttää myös tietomuunnosten toteuttamiseen tietovaraston, datamarttien ja OLAP-kuutioiden välillä. Tietomallinnus voidaan kuvata esimerkiksi relaatiokaavioilla (ER-kaavioilla). [1 s. 173]

Tietomallinnus on rakenteellinen lähestymistapa tietojärjestelmien osien kuvaamiseen. Mallinnuksen ensisijaisena tehtävänä on kuvata toteutuksen tarkoitus ja dokumentoida liiketoiminnan vaatimukset ja käytettävät tietorakenteet. Se on myös visuaalinen työkalu käytettävän datan ja datataulujen välisten relaatioiden kuvaamiseen. Yleisesti käytetään kolmea eri tason tietomallinnusta kuvaamaan kehitettävää tietojärjestelmää. [1 s. 173]

Konseptuaalinen tietomalli kuvaa ylintä eli liiketoimintatasoa. Se kuvaa ja määrittelee ne prosessit, laitteet ja toiminnot, joita tietojärjestelmän toteuttamiseen tarvitaan. Konseptuaalinen tietomalli sisältää yleiskuvauksen tietorakenteesta, ulkoisista toiminnoista, jotka liittyvät tietorakenteeseen, ja tarvittavasta datasta, jolla liiketoiminnan vaatimukset toteutetaan. Se on siten työkalu, jolla määritellään tietojärjestelmän vaatimukset ja käyttötarkoitus sekä siinä käytettävä data. [1 s. 173–175]

Looginen tietomalli antaa arkkitehtonisen kuvauksen tietojärjestelmästä. Yleensä jos tehdään vain yksi tietomalli, on se looginen tietomalli. Se kuvaa järjestelmää ja dataa konseptuaalista mallia tarkemmin. Loogisessa tietomallissa kuvataan käytettävät tietotaulut, niiden väliset relaatiot sekä pää- ja viiteavaimet. Kuvaus tulisiikin validoida ennen kuin siirrytään tarkempaan tietomallikuvaukseen tai ohjelmistomäärittelyn suunnitteluun. [1 s. 175–176]

Fyysisen tietomallin valmistaminen vaatii tietokantojen ominaisuuksien ja toiminnan ymmärrystä. Tällä tasolla on ymmärrettävä kuinka taulut, sarakkeet, tietotyypit ja taulujen väliset relaatiot toteutetaan. Fyysinen tietomalli kuvaa tietomallin tietokantatasolla, määrittelee käytettävät attribuutit ja kattaa tietokantojen määrittelyt, jotta vaadittu tehokkuus saavutetaan. [1 s. 176–177]

Tietokantamallinnukseen kuuluu oleellisesti myös tietokantojen normalisointi, jolla tarkoitetaan relaatiotietokantojen vaiheittaista rakenteen muuttamista siten, että se tukee parhaiten ehjää tallennusta ja tiedon tehokasta saatavuutta vähentämällä tiedon toisteisuutta ja parantamalla tiedon eheyttä. Normalisoinnin vaiheita eli muotoja on viisi, mutta jo kolmas normaalimuoto (3NF) on riittävä useimpiin tarkoituksiin. Tässä normaalimuodossa poistetaan sisäiset attribuutteihin kohdistuvat riippuvuudet eli attribuutit, jotka riippuvat toisistaan viedään omaan tauluunsa. 3NF-muodossa tauluissa on yksilöivä avain ja attribuutit ovat toisistaan riippumattomia, mutta tauluissa ei ole toistuvia attribuutteja tai funktionaalisia riippuvuuksia. [1 s. 190–195]

### 3.3.2. *Moniulotteiset tietomallit*

Moniulotteiset tietomallit kuten tähti- ja lumihiutalemallit sopivat hyvin yrityksen tietovaraston ja datamarttien rakenteeksi. Mallit vaativat vähintään relaatioiden 3NF-normaalimuodon, ja ne järjestävät yrityksen tiedot ja tietorakenteet loogisella tavalla. Mallit rakentuvat faktoista ja ulottuvuuksista. [1 s. 197]

Faktat ovat liiketalouden numeerisia mittauksia, ja niitä voidaan myös koostaa ja johtaa toisista faktoista. Faktataulujen tulee olla normalisoituja, ja ne saavat sisältää vain vähän toisteisuutta. Niissä on kahdenlaisia sarakkeita: avaimia ja mittauksia. Avaimet ovat viiteavaimia faktatauluun liittyvien ulottuvuuksien perusavaimiin. Faktataulun rivit erotteleva perusavain koostuu usein useamman viiteavaimen yhdistelmästä, mutta tarvittaessa se voidaan myös luoda käyttäen apuna tietokannan muita tietoja. Mittaukset ovat todellisia liiketoiminnan mittauksia ja arvoja. [1 s. 198–202]

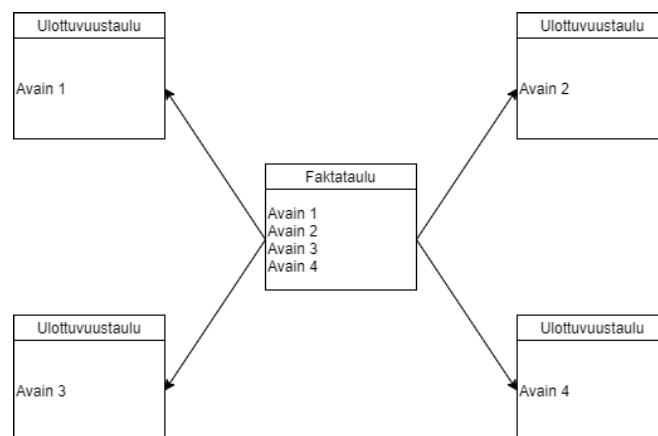
Koska tietojen summaaminen ja yhdisteleminen on analysoinnissa ja raportoinnissa erittäin tärkeää, on faktat jaoteltu kolmeen eri tyyppiin riippuen siitä, miten faktaa voidaan käsitellä. On lisättäviä, puolilisättäviä ja ei-lisättäviä faktoja. Lisättäviä faktoja on helppo käsitellä. Niitä voidaan summata joka ulottuvuudessa. Puolilisättäviä faktoja voidaan sitä vastoin summata vain osassa käytössä olevista ulottuvuuksista. Ei-lisättäviä faktoja ei voida summata missään ulottuvuudessa. Tällaisia faktoja ovat esimerkiksi nimikehinnat, suhdeluvut ja lämpötilat. [1 s. 202–204]

Ulottuvuustaulut ovat ne, joka yhdistävät faktat eli mittaukset liiketaloudelliseen kontekstiin. Samalla tavoin kuin faktat ovat numeerisia tietoja, kuvaavat ulottuvuudet asian olemusta, kuten aikaa, paikkaa, asiakkaita tai työntekijöitä. Ulottuvuustaulujen ideana on, että jokainen rivi on uniikki. Niiden avulla voidaan faktat tallentaa yhteen paikkaan attribuuttitietona, ja näin saadaan mahdollinen toisteisuus datasta mahdollisimman vähäiseksi vähentäen siten myös yrityksen tietoverkon kuormitusta. [1 s. 203–205]

Ulottuvuustauluja voidaan järjestää myös hierarkkisesti ryhmittelemällä niitä siten kuin yrityksen kannalta on parasta. Hierarkioita voivat olla esimerkiksi organisaation rakenteet, tuote- ja palvelukategoriat, maantieteellinen sijainti tai aika. Tällöin ulottuvuudet on järjestetty tarkimmasta epätarkimpaan ja viittaava ulottuvuustaulu sisältää viiteavaimen seuraavaan hierarkiatasoon. [1 s. 204–210]

Faktatauluja voidaan jaotella ulottuvuustaulujen kautta kolmeen tyyppiin, jotka ovat transaktionaalinen (liiketoiminnallinen), periodinen (jaksollinen) ja kertyvä. Transaktionaaliset faktataulut tallentavat liiketoiminnan tapahtumia, joita ovat esimerkiksi erilliset myyntitapahtumat. Periodisiin tauluihin tallennetaan hetkittäistä dataa tietyn ajan välein. Tällaista dataa ovat esimerkiksi varastotasot kuukauden lopuksi. Kertyviin faktatauluihin tallennetaan tietoa tapahtuman koko elinajalta, jolloin nähdään tapahtumien kehittyminen. Tällaista tietoa ovat esimerkiksi tapahtumat tilauksesta toimitukseen. [1 s. 218–219]

Tähtitietomalli on yleisesti käytetty tietomalli, jossa faktataulua ympäröi usea ulottuvuustaulu. Kuvassa 12 on esitetty esimerkki tähtimalliin järjestetyistä fakta- ja ulottuvuustauluista viiteavaimineen. Tähtitaulussa käytetään sekä rakenteelle tärkeitä normalisoituja faktatauluja että lisätietoa sisältäviä ei-normalisoituja ulottuvuustauluja. Tähtimallin etuihin kuuluu suuri hakunopeus ja soveltuvuus pivottaulukoiden käyttöön. [1 s. 209]



Kuva 12. Esimerkki tähtitietomallista.

Lumihiutaletietomalli on kuin tähtimalli, mutta siinä myös ulottuvuustaulut on normalisoitu ja asetettu hierarkkiseen relaatioon. Alin ulottuvuustaso on relaatioissa faktataulun kanssa, ja jokaiseen ulottuvuustasoon liittyy oma ulottuvuustaulunsa, jotka on liitetty avainrakenteilla toisiinsa. Alin ulottuvuustaso ovat esimerkiksi tuotenimikkeet, ja siihen voidaan liittää myös tuoteryhmäulottuvuus. [1 s. 211–212]

Moniulotteinen tietomalli on hierarkkinen tietokanta, joka koostuu yhdestä moniulotteisesta taulukosta. Tätä voidaan käsitellä moniulotteisena pivot-tilukuna. Kun tähti- ja lumihiutaletietomallit on tallennettu perinteisiin relaatiotietokantoihin, voidaan moniulotteinen tietomalli tallentaa relaatiotietokantoihin tai erillisiin OLAP-kuutioihin, joka on akronyymi sanoista Online Analytical Processing. Se tarjoaa datahaun ja -analyysit moniulotteisessa muodossa. OLAP-tekniikkaa käytetään etenkin BI-järjestelmissä, sillä raporteissa käytettävät pivot-tilukot esittävät visuaalisesti moniulotteisia kaavioita. Näiden yhtäläisyyden vuoksi tekniikkaa on luontevaa ja tehokasta käyttää. [1 s. 159, 212]

### 3.3.3. *Laakatietomalli*

Laakatietomalli on yksinkertainen tietomalli, jossa ei ole lainkaan ulottuvuustauluja eivätkä taulut ole normalisoituja. Malli minimoi relaatioiden määrän ja sisältää paljon toisteisuutta ja taulujenvälisiä riippuvuuksia. Laakatietomalli voidaan toteuttaa yksinkertaisella JOIN-funktiolla useasta eri lähdetaulusta. [21]

Suurissa kyselyissä ja tietokannoissa laakatietomalli on tehoton, mutta se on nopea ja edullinen toteuttaa. Myös tätä mallia voidaan käyttää raportoinnin pohjana, mutta koosteoperaatioissa voi tulla ongelmia johtuen vähäisestä relaatioiden määrästä. Tästä syystä voidaankin muodostaa omat koostetaulut erillisiin tauluihin. [21]

### 3.3.4. *Datamartit*

Datamartteja (data mart) eli paikallisia tietovarastoja käytetään jonkin osaston datan säilyttämiseen siten, että data on helppokäyttöistä ja kattavaa. Näin osastot voivat tehdä tarvitsemiaan raportteja tietovarastosta tarjotun kokonaisuuden avulla. Yleisesti osastot itse hallinnoivat paikallista tietovarastoa ja päättävät, mitä dataa datamarttiin ladataan. [1 s. 110–142]

Keskitettyihin tietovarastoihin on järjestetty yrityksen kaikki data, ja niiden kehityksessä päätavoitteena on tehokas tiedon tallennus ja haku sekä tehokkaat datan puhdistustoimet. Sen sijaan datamarteissa pääpaino on datan tehokkaassa hyödyntämisessä osaston raporteissa. Datamartteihin ei tulisikaan ottaa kaikkea tarjolla olevaa dataa, vaan mahdollisuuksien mukaan sinne ladataan vain se data, jota raporttien muodostamisessa todella tarvitaan. Datamarteissa käytettävä tietomalli voi pohjautua tähtirakenteeseen, tai se voi olla eri lähteistä kerättyjä koostetauluja osaston tarpeen mukaan. [1 s. 110–142]

Tekniikkaa, jolla tietovarastossa oleva data voidaan prosessimaisesti muuntaa datamarttien käyttämäksi dataksi, voidaan kutsua data franchiseksi. Termi kattaa tiedon suodatuksen, uudelleen järjestelyn, muuntamisen, summauksen, yhdistämisen ja tallentamisen, joilla data muutetaan osaston raportoinnin vaatimaan muotoon. Kuvassa 13 on esitetty franchise-prosessi. [1 s. 91–95]





Kuva 13. Data franchise -prosessi.

Data franchise eroaa tietojen valmistelusta siinä, että yleisesti tietolähteitä on vain yksi, käytettävää tietoa ei enää puhdisteta, käytettävät tietomuunnokset ovat pienempiä ja helpommin toteutettavissa sekä tieto on jo dokumentoidusti tallennettu relaatiotietokantaan. ETL-työkaluja voidaan kuitenkin käyttää tässäkin vaiheessa. [1 s. 91–95]

### 3.4. Liiketoimintatiedon hallinta

Liiketoimintatiedon hallinta on yrityksen datan aiempaa tehokkaampaa jalostamista tiedoksi, raporteiksi, suorituskykymittauksiksi, mittaristoiksi ja ennusteiksi, joiden avulla voidaan saavuttaa huomattavaa taloudellista hyötyä. BI-sovellusten avulla liiketoimintatiedon sisältämä informaatio voidaan esittää visuaalisesti ja helposti ymmärrettävästi. [19 s. 4–6]

Perinnäisesti organisaatiot ja osastot ovat tarkastelleet liiketoimintalukuja raporttien avulla kerran kuukaudessa ja tarkemmin kvartaaleittain. Nämä raportit sisältävät lukukoosteita, joista ei nähdä sellaisia yksityiskohtia, joiden avulla päästäisiin kiinni ongelmien juurisyihin. Tarkasteltavat luvut voivat nousta tai laskea, eikä niihin voida reagoida päätöksin, jotka perustuvat tarkkaan ja laajaan tietoon. Tieto ei ole myöskään helposti hyödynnettävissä tai vertailtavissa yksiköiden välillä. BI tuo yritykseen keskitetyn tiedonhallinnan ja tiedon jakamisen. Se mahdollistaa aiempaa paremmat raportit ja dashboard-näkymät, joiden avulla osastojen välinen vertailu on helpompaa ja joiden avulla päästään aiempaa paremmin kiinni tapahtumien juurisyihin, jolloin yrityksen liiketoimintaa voidaan kehittää entistä tehokkaammin. Toissijaisena hyötynä hyvä liiketoimintatiedon hallinta vähentää työmäärää ja virheitä, kun kaikki tarvittava tieto on helposti kaikkien sitä tarvitsevien saatavilla, eikä sitä tarvitse käsin etsiä, kaivaa ja yhdistellä. [1 s. 51, 13 s. 346–354]

Liiketoimintatiedon hallinnan tavoitteena on tuoda yrityksen käyttöön kaikki tarvittava data määrittelemällä tietolähteitä sekä hallinnoimalla datan saatavuutta ja tietovirtaa dataintegraatiosta raportointiin ja analysointiin. Sen avulla päätöksentekokyky nopeutuu, kustannukset vähenevät ja operatiivinen tehokkuus kasvaa. Se mahdollistaa myös tietojohtamisen. [19 s. 6–8]

Raporttien ulkoasun suunnittelussa kannattaa keskittyä yhtenäisyyteen. Raportteja suunniteltaessa tulee käyttää yrityksen suunnittelukehystä (template), jolla varmistetaan raporttien yhteneväisyys toistensa kanssa. Suunnittelukehysten tulee sisältää vakioidut paikat, muotoilut ja tyylit otsikolle, selitteille, apu- ja navigointityökaluille sekä muille visuaalisille elementeille. [1 s. 343]

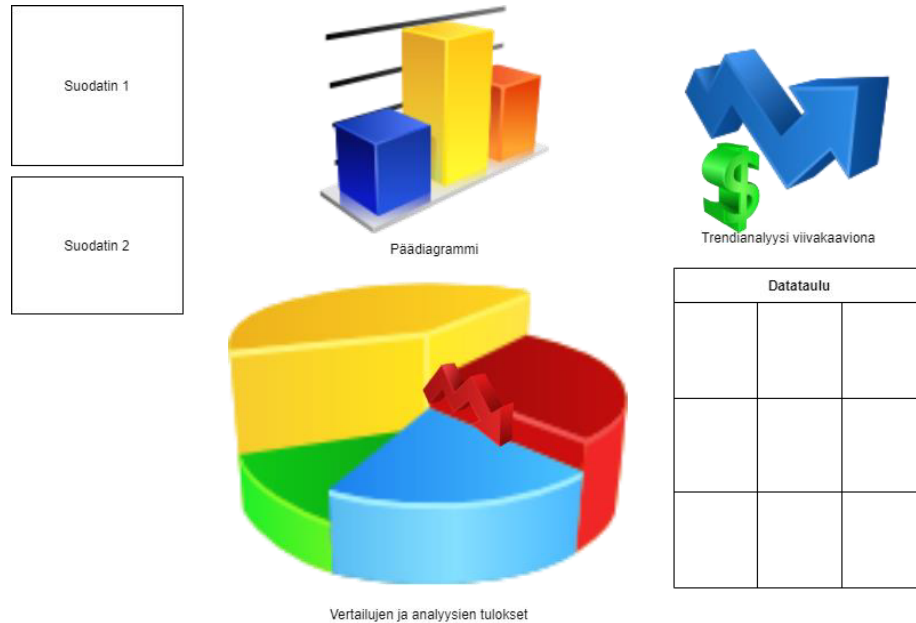
Raporttien ulkoasun ja niissä navigoinnin tulee olla toimivia ja loogisia. Raportti kannattaa pitää yksinkertaisena, eikä siihen kannata yrittää liittää liikaa informaatiota. Tärkeimmät tiedot kannattaa sijoittaa raportin yläosaan; etenkin vasen yläkulma on paikka, jonne käyttäjä ensimmäisenä katsahtaa. Lisäksi raportin

värimaailma kannattaa pitää hillittynä. Toisiinsa linkitettyjen raporttien tulisi olla ulkoasultaan yhtenevät, jotta luettavuus olisi mahdollisimman hyvä. [1 s. 343–346]

Yleisesti käytettyjä ulkoasuelementtejä ovat

- suodattimet vasemmalla ylhäällä,
- vertailujen ja analyysien tulokset vasemmalla puoliskolla,
- trendianalyysit viivakaaviona oikealla ylhäällä ja
- myyntidata taulukkomuotoisena oikealla alhaalla.

Kuvan 14 esimerkki dashboardin ulkoasu vastaa yllä esitettyjä yleisesti käytettyjä ulkoasuelementtejä. [1 s. 343–344]



Kuva 14. Esimerkki dashboardin ulkoasuelementtien paikoituksesta.

Raporttien suunnittelussa voidaan hyödyntää yleisesti käytettyjä käyttöliittymäsuunnittelun menetelmiä ja standardeja. Yleisesti BI-raporttien visuaalisen suunnitteluun käytetään nelivaiheista prosessia kuten kuvassa 15 on esitetty. Ensin tehdään raporttiluonnos, jossa on pääpiirteittäin esitetty ne graafit ja taulukot, joita raportissa halutaan esittää. Seuraavaksi raportista tehdään rautalankamalli, jossa on tarkemmin asemoitu käytettävät graafit, taulukot, filterit ja muut visuaaliset elementit. Kuvakäsikirjoituksessa esitetään graafisesti, kuinka esitettävät visuaaliset elementit liittyvät toisiinsa. Tässä vaiheessa esitetään myös raporttien sisäiset porautumiset ja raporttien väliset linkitykset. Lopuksi ennen itse raportin toteuttamista tehdään mallinnus, jossa raportti esitetään kokonaisuutena. Mallinuksessa esitetään esimerkinomaisesti käytettävää dataa. [1 s. 362–368]



Kuva 15. BI:n visuaalisen suunnittelun askeleet.

## 4. LEAN SIX SIGMA

Liiketoiminnassa datan hyödyntäminen on mahdollista sen jälkeen, kun yritys on tunnistanut liiketaloudelleen hyödyllisen datan. Data-analyyseillä voidaan tuottaa sellaista tietoa, josta on yritykselle suurta liiketaloudellista hyötyä. Olipa käsiteltävä data millaista tahansa, aina löytyy jokin analyysitekniikka, jolla dataa voidaan hyödyntää. Tekniikat liittyvät datan tehokkaaseen luokitteluun sekä matemaattisiin ja tilastollisiin menetelmiin. Jotta datasta saadaan yrityksen kaipaamaa tietoa ja syy-seuraussuhteita, on data-analyysin tarjoamia menetelmiä käytettävä yrityksessä laajalti ja oikein. Lean Six Sigma on yksi menetelmä, jossa data-analyyseillä saadaan yrityksessä aikaan prosessien tehostamista. [9 s. 97–98, 14 s. 101–118, 16 s. 32–37]

Lean Six Sigmassa parannetaan laatua, lisätään asiakastytyväisyyttä sekä arvioidaan ja parannetaan suoritus- ja kilpailukykyä. Menetelmä yhdistää leanin ja Six Sigman työkalut kattavaksi kokonaisuudeksi. Faktoihin ja dataan perustuvalla Six Sigma -metodilla voidaan ohjata yritys kohti parempia ratkaisuja. Sen teho perustuu datan tilastolliseen analyysiin. Yrityksen tulokseen vaikuttavat tekijät jaetaan parantuneeseen asiakastytyväisyyteen, lyhentyneeseen läpimenoaikaan, vähentyneisiin vikoihin ja arvoa tuottamattoman työn vähenemiseen. Menetelmä perustuu kolmeen kasvutekijään: ihmisen luovuuteen ja kykyyn keksiä uusia asioita ja testata niitä, prosessin kykyyn synnyttää itsensä parantamiseen tarvittavaa informaatiota sekä DMAIC-parannusprosessiin. [22 s. 30–40, 23 s. 8–24]

Toinen Lean Six Sigman suurista kokonaisuuksista on lean, joka on prosessijohtamisen filosofia. Siinä yritystä ja toimintaketjua tarkastellaan kokonaisuutena, jossa parantaminen yhdistyy johtamiseen. Keskeisintä leanissa on tunnistaa ja poistaa erilaisia vaihtelusta, vioista ja virheistä aiheutuvia hukkia. [24]

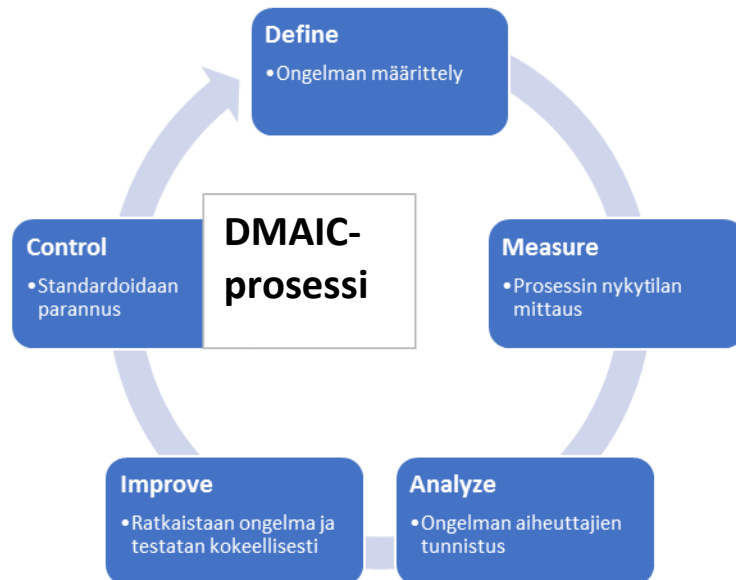
### 4.1. Six Sigma ja DMAIC

Six Sigma tutkii prosesseissa tapahtuvaa vaihtelua ja niiden lähteitä. Vaihtelun lähteitä ovat erityisyyt ja satunnaissyyt. Erityisyyt ovat systeemin ulkopuolelta tulevia vaihtelunlähteitä. Ne voidaan poistaa jokapäiväisillä toiminnoilla ja perinteisillä laadunparannustekniikoilla. Prosessin sisäsyntyiset satunnaissyyt johtuvat useasta tuntemattomasta syystä. Ne vaativat saatavilla olevan datan ja systeemin tutkimista, ja niiden poistaminen vaatii muutoksia prosessissa. [23 s. 82–91]

Jatkuvan parantamisen mallista muodostuu Six Sigmassa DMAIC-prosessi, joka on esitetty kuvassa 16. DMAIC kiteytyy seitsemään kohtaan: ongelman mittaamiseen, asiakkaaseen keskittymiseen, juurisyiden todentamiseen, vanhoista tavoista luopumiseen, riskin johtamiseen, tulosten mittaamiseen ja muutosten ylläpitämiseen:

1. Määrittelyvaiheessa määritellään asiakasvaatimukset ja projektirajat sekä tehdään prosessikaaviot ja -kuvaukset.
2. Mittausvaiheessa valitaan mitattavat suureet ja etsitään niihin vaikuttavat tekijät. Vaiheessa määritellään myös prosessin nykyinen suorituskyky ja arvioidaan mittausjärjestelmän luotettavuutta.
3. Analyysivaiheessa käytetään tilastollisia menetelmiä prosessin vakauden, variaation, trendin ja suorituskyvyn arvioimiseen. Tässä vaiheessa määritellään vaihtelun lähteet, parannustavoitteet ja prosessin suurimmat vaikuttavat tekijät.

4. Parannusvaiheessa päätetään, mihin muuttujiin tehdään muutos, jotta päästään tavoitteeseen. Erilaisten työkalujen avulla varmistutaan parannuksesta.
5. Kontrollivaiheessa varmistutaan siitä, että saavutettu parannus pysyy. Tähän kuuluvat valvontataulut, joilla varmennetaan parannetun prosessin pysyvyys. [22 s. 30–40, 23 s. 43–44]



Kuva 16. DMAIC-prosessin vaiheet

#### 4.2. Six Sigman työkaluja

Six Sigma -menetelmät ja -työkalut voidaan jaotella karkeasti viiteen ryhmään:

- ideoiden luontiin ja informaation organisointiin tarvittaviin työkaluihin,
- datan keräämiseen vaadittaviin työkaluihin,
- prosessin ja datan analysointiin vaadittaviin työkaluihin,
- tilastolliseen analyysiin tarvittaviin työkaluihin ja
- ratkaisun soveltamiseen ja prosessijohtamiseen tarvittaviin työkaluihin.

Six Sigma sisältää useita työkaluja, joita käytetään DMAIC-prosessin eri vaiheissa. Taulukossa 2 on esitetty tärkeimmät DMAIC-prosessissa käytettävät työkalut. Määrittelyvaiheessa käytettävät VoC-analyysi ja SIPOC-prosessikuvaus auttavat selvittämään prosessin tuotoksia ja loppuasiakkaan palautetta. VoC tunnistaa asiakkaan tarpeen ja johtaa sen prosessitasolle, ja SIPOC kuvaa prosessin asiakkaan näkökulmasta. Mittausvaiheessa voidaan käyttää arvovirtakuvausta (VSM), jonka avulla tunnistetaan prosessivirtauksen esteet ja pullonkaulat. Sillä voidaan mallintaa hyvin prosessin nyky- ja tavoitetilä ja selkiyttää sekä johdolle että työntekijöille, miten eri tilanteissa toimitaan. XY-matriisin avulla voidaan karsia suurta muuttujajoukkoa pienemmäksi löytämällä ne muuttujat, joiden arvioidaan vaikuttavan eniten olemassa olevaan ongelmaan. FMEA-analyysi jatkaa XY-matriisin lopputuloksesta, ja se on tehokas työkalu toiminnan kehittämiseen. Sillä kuvataan virheiden riskiprioriteettia, mahdollisia virhetiloja, virheiden vaikutusta ja

esiintymistodennäköisyyttä. XY-matriisi yhdessä FMEA-analyysin kanssa auttaa keskittymään niihin prosessimuuttujiin, jotka vaikuttavat prosessiin eniten. [22 s. 107–119, 23 s. 142–162, 24]

Toimimaton mittausjärjestelmä voi olla vaihtelun syy, ja organisaatio voi luulla, että vaihtelu tulee prosessista. Tällöin parannusprojekti ei toimi. Tästä syystä on tärkeää määrittää, onko mittausysteemi luotettava vai ei. Mittausjärjestelmän analysointi (MSA) on sarja suunniteltuja testejä, joilla voidaan määrittää mittausjärjestelmän luotettavuus. Gage R&R -tutkimuksella voidaan tunnistaa ja määrittää eri vaihteluiden lähteitä, jotka vaikuttavat mittausjärjestelmään. Multi-Var-tutkimus tehdään ennen analyysivaihetta ja sillä pyritään saamaan selville vaihtelun alkuperäiskomponentti sekä ensisilmäys prosessin aikastabiilisuuteen. [22 s. 107–119, 23 s. 142–162 50, 25]

Analyysivaiheessa käytettäviä T-testejä voidaan käyttää vertaillessa tavoitetta ja näytteen keskiarvoa. Testeillä voidaan varmistaa, pitääkö prosessia säätää vai onko ongelma jossakin muussa, esimerkiksi onko eri toimittajien toimituserissä keskiarvoeroja. Sitä vastoin varianssianalyysiä eli ANOVAa käytetään, kun vertaillaan useampaa kuin kahta keskiarvoa keskenään. ANOVA-kuvaajassa esitetään keskiarvojen lisäksi haluttu luottamusväli, jolloin saadaan selville, eroavatko keskiarvot tilastollisesti toisistaan vai eivät.

Kovarianssi kuvaa tilastotieteessä kahden satunnaismuuttujan välistä riippuvuutta, ja korrelaatioanalyysiä käytetään määrittämään muuttujien välisen yhteyden aste. Korrelaation avulla voidaan tehdä päätelmiä prosessin sisäänmenomuuttujien vaikutuksesta ulostulomuuttujiin. Näiden lisäksi käytetään regressioanalyysiä määrittämään muuttujien välinen funktionaalinen suhde. Sitä myös käytetään sovittamaan suoraa tai käyrää dataan. Sen tarkoituksena on tehdä regressioyhtälö kuvaamaan analysoitua dataa, esimerkiksi pienimmän neliösumman menetelmällä. Regressiomallin virhetermi on residuaali, ja mallin hyvyttä voidaan tarkastella selitysasteen eli coefficient-luvun avulla. Näyteköön suuretsa korrelaatioanalyysiä voidaan hyödyntää helpommin. Lisäksi käytetään apuna Multi-Var-analyysiä, kun tutkitaan, vaikuttaako jokin prosessin muuttuja toiseen muuttujaan. [22 s. 107–119, 23 s. 142–162, 25]

Koesuunnittelu (DoE) on keskeinen osa Sig Sigma -prosessia ja sen parannusvaihetta. Se on sarja testejä, joilla saadaan esille eri tekijöiden vaikutus prosessiin ja niiden keskinäisvaikutus prosessissa. Hyvällä koesuunnittelulla voidaan muodostaa ne kokeet, jotka soveltuvat ratkaisemaan olemassa olevan ongelman. Kokeilla saadaan karsittua prosessiin vaikuttamattomat tekijät, minkä jälkeen voidaan keskittyä prosessiin eniten vaikuttaviin tekijöihin. Kokeiden ajatuksena on löytää tärkeimmät vasteeseen vaikuttavat prosessimuuttujat ja selvittää niiden välisiä keskinäisvaikutuksia. Kokeilla saadaan nopeasti selville muuttujien yhteisvaikutus, ja niitä käytetään prosessin optimoinnissa säätämällä useita muuttujia yhtä aikaa. [16 s. 237, 22, 23 s. 163–171]

Prosessin kyvykkyysindeksi kertoo, kuinka paljon prosessin on mahdollista tuottaa määrittelyrajoihin yltävää tuotetta. Prosessin kyvykkyys tulisikin arvioida ennen kuin sitä aletaan valvoa ohjauskorteilla. Prosessista voidaan erottaa lyhytaikainen ja pitkäaikainen kyvykkyys,  $C_p$  ja  $C_{pk}$ . Nämä kertovat prosessin nykytilan ja tulevaisuuden potentiaalin. Kyvykkyuden laskeminen on erityisen tärkeää prosessin tilaa arvioitaessa, koska se ilmaisee prosessin stabiilisuuden ja tuoton. [22 s. 119, 23 s. 142–144]

SPC-ohjauskortti on laadunkehittämisen keskeinen työkalu, jolla on kaksi päätehtävää: Se kertoo, milloin prosessia tulee säätää. Lisäksi sen avulla voidaan analysoida prosessia. Korttia käytetään prosessiohjauksessa ja sen avulla seurataan systemaattisesti prosessin kehittymistä ja vähennetään prosessissa tapahtuvaa vaihtelua. Ohjauskortit osoittavat, onko prosessi stabiili, ja niitä käytetään tuottavuuden kehittämisessä ehkäisemään tarpeetonta prosessin säätöä. [16 s. 237, 22, 23 s. 163–171]

Taulukko 2. Lean Six Sigman DMAIC-prosessin vaiheet ja työkalut

<b>Määrittely</b>	<b>Mittaus</b>	<b>Analyysi</b>	<b>Parannus</b>	<b>Ohjaus</b>
projektikaavio	prosessikaavio	ANOVA	DoE	ohjaus-suunnitelma
VoC	XY-matriisi	hypoteesin testaus (T-testi)	täystekijäkoee	SPC-kortti
SIPOC	FMEA	DoE	optimointi	
VSM	kyvykkyys		varmennuskoe	
	Gage R&R			
	Multi-Var			

Prosessin ja datan analysointiin kuuluvia työkaluja ovat muun muassa kyvykkyysanalyysit, prosessikaaviot, käyrät ja kuvaajat. Käytettyjä tilastolliseen analyysiin tarvittavia työkaluja ovat muun muassa regressioanalyysi, ANOVA, Multi-Var ja koesuunnittelu. Six Sigman perustyökaluja ovat idearihi, syy-seuraus-kaavio, Gantt-kaavio, SIPOC-kaavio ja vuokaavio. Peruskaavioina käytetään histogrammia, laatikko-jana-kaaviota, Pareto-kaaviota, pistekaaviota, erilaisia aikasarjoja ja SPC-kortteja. [22 s. 42–66, 23 s. 55]

Kerättävää dataa tarvitaan Six Sigma -projektissa etenkin projektin määrittely-, mittaus- ja ohjausvaiheissa. Jotta kehitysprojekti osataan kohdistaa yrityksen tarvitsemaan asiaan, tulee yrityksellä olla käytössään sellaista dataa, jonka perusteella kohteen valinnan voi tehdä. Kun kehityskohde on valittu, tulee mittadata entistä tärkeämmäksi. Prosessin nykyistä kyvykkyyttä ei voida laskea, jos kohteesta ei ole historiadataa saatavilla. Toinen tärkeä rooli mittadatalle on ohjausvaiheessa, jossa valvotaan parannettua prosessia. Jos prosessista ei tällöin saada helposti tarvittavaa dataa ja raportteja näkyviin, on todennäköistä, että prosessi palautuu ennen pitkää alkutilanteeseensa. DoE ja varmennuskoe voidaan suorittaa datan pienen määrän vuoksi yleensä manuaalisellakin keräämisellä, mutta näissäkin laadun ja varmistettavuuden vuoksi kannattaa kerääminen automatisoida.

### 4.3. Lean ja tuotantoprosessi

Lean on tunnettu asiakaslähtöinen prosessijohtamismalli, joka perustuu Toyota Production System -johtamisfilosofiaan, jossa tavoitteena on virtauksen maksimointi ja hukkan poistaminen. Leanin keskeisiin tavoitteisiin kuuluu myös läpimenoajan lyhentäminen erilaisia työkaluja ja tekniikoita apuna käyttäen. Työkalut eivät toimi ongelmien ratkaisijana, vaan niiden avulla voidaan tuoda ongelmat esiin. [26–27]

Toimintaympäristöissä, prosesseissa ja tuotantolinjoissa pätevät tietyt lainalaisuudet. Muun muassa tuotannon läpimenoajan, tuotantomäärän, varaston,

käyttöasteen ja vaihtelun välisiä yhteyksiä voidaan käsitellä kvantitatiivisesti. Prosessin virtausta tarkastellaan Kingmanin kaavan ja Littlen lain avulla. [26–27]

Kingmanin kaavalla lasketaan prosessin jonotusaika  $CT_q$

$$CT_q = \frac{1}{2}(C_a^2 + C_e^2) * (u / (1 - u)) * t, \quad (1)$$

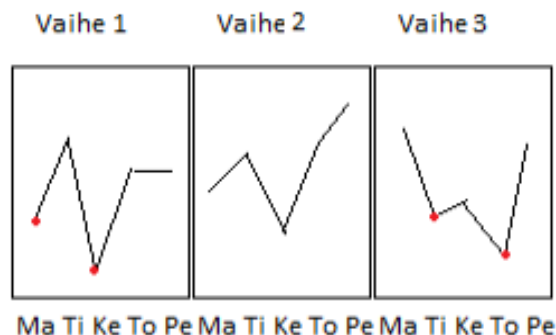
missä  $C_a$  on kysynnän vaihtelu,  $C_e$  prosessointiajan vaihtelu,  $u$  prosessin käyttösuhte ja  $t$  keskimääräinen prosessointiaika. Vastoin yleisiä ennakko-odotuksia voidaan havaita prosessin resurssitehokkuutta nostettaessa jonotusajan kasvavan. [28]

Littlen lain avulla lasketaan prosessin läpimenoaikaa  $CT$

$$CT = WIP / TH, \quad (2)$$

missä  $WIP$  on prosessin keskeneräiset työt eli välivarastot ja  $TH$  läpimeno. Littlen laki on käyttökelpoinen stabiileissa systeemeissä. Yhdessä Kingmanin kaavan kanssa Littlen laki antaa hyvät laskennalliset perusapuvälineet tuotannon arviointiin. [29]

Esteiden teoria eli TOC-teoria on systeemin suorituskykyä rajoittavien esteiden hallintaan perustuva ohjaus- ja johtamismalli. Sen ydinajatus on, että tuotannossa on pullonkaula eli este, jonka eteen kertyy jonoa. Jonoutumisesta johtuu läpimenoajan kasvu ja suorituskyvyn lasku. Teorian mukaan johtamisen tulee tukea tuotannon esteiden tunnistamista ja systeemin ohjausta prosessivaiheiden ylituotantoa rajoittamalla. Pullonkaulan löytäminen monivaiheisessa prosessissa voi olla työlästä, sillä pullonkaula tuntuu vaeltavan. Tämä pullonkaulan vaellus johtuu siitä, että prosessivaiheiden läpimenot vaihtelevat paljon ja todellisen pullonkaulan tunnistaminen on työlästä. Esimerkki kolmivaiheisesta prosessista ja läpimenomäärien vaihtelusta on esitetty kuvassa 17, jossa kulloisenkin päivän pullonkaulat on merkitty punaisella. [30]



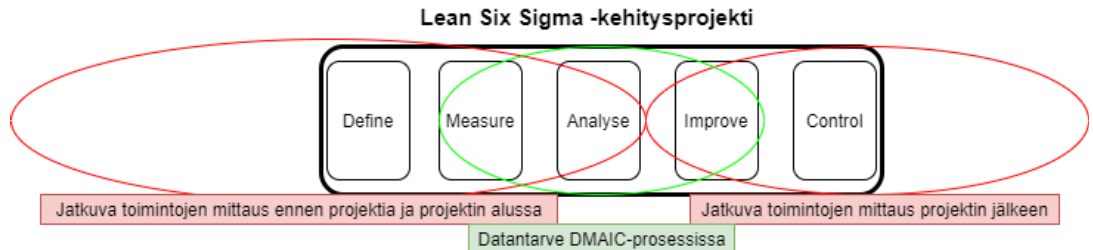
Kuva 17. Tuotantolinjan läpimenoaikakuvaaja.

#### 4.4. Lean Six Sigma -projektin datantarve

Mittadatan merkitys on Lean Six Sigma -kehitysprojekteissa suuri. Kaiken projektikohteen valinnasta lähtien tulisi perustua tuotannon mittaamisesta saatuun tietoon. Tästä syystä ongelmallisina koetuille toiminnoille, joille yritys on harkitsemassa kehityskohteita, olisikin kehitettävä sopiva mittarointi huomattavasti aiemmin kuin vasta kehitysprojektissa, ellei sellaista jo ole jo yrityksellä käytössä. Näin yritys saa aiempaa tarkempaa tietoa toiminnoistaan, joita aikoo kehittää, ja kehityskohteeksi valikoituu todennäköisimmin sellainen toiminto, jonka

kehittämisestä yritys saa suurimman taloudellisen hyödyn ja jota projektissa voidaan luotettavasti mitata ja kehittää. [23]

Kuvassa 18 on esitetty kehitysprojektin datantarve, joka alkaa huomattavasti ennen projektin alkua ja päättyy projektin kannalta jossakin vaiheessa projektin päättymisen jälkeen, ei kuitenkaan heti *control*-vaiheen jälkeen.



Kuva 18. Lean Six Sigma -kehitysprojektin datantarve.

Kehitysprojektin aikana olemassa olevaa jatkuvasta toimintojen mittauksesta saatavaa dataa voidaan käyttää DMAIC-prosessin eri vaiheissa. Osa projektissa käytettävästä datasta voi kuitenkin olla erikseen projektia varten kerättyä. Etenkin pienissä DoE-kokeissa data voidaan tarvittaessa helposti kerätä manuaalisesti Excel-taulukoihin. Jos projektiin kuuluu useita suurempia kokeita, ei käsin kerääminen enää ole järkevää. Jatkuva yrityksen toimintoja mittaava data auttaa kehitysprojektinkin aikana seulomaan ne parannusmenetelmät, jotka kulloinkin antavat toivotun tuloksen vasteeseen. [23]

Kehitysprojektin jälkeen on erityisen tärkeää jatkaa toimintojen mittauksia, jotta yrityksessä nähdään, että kehitetyn toiminnon kyvykkyys pysyy parannetulla tasolla. Jos jotain poikkeamaa eli alenemaa saannossa ilmenee, on yleensä kyseessä joko uusi ratkaistava ongelma tai prosessin toiminnot alkavat palautua parannusta edeltäviin toimintamalleihin. Prosessiohjausta ei voida luotettavasti tehdä ilman toistuvaa suorituskykymittauksia. [23]



## 5. DATANKERUU ERP-JÄRJESTELMÄSTÄ

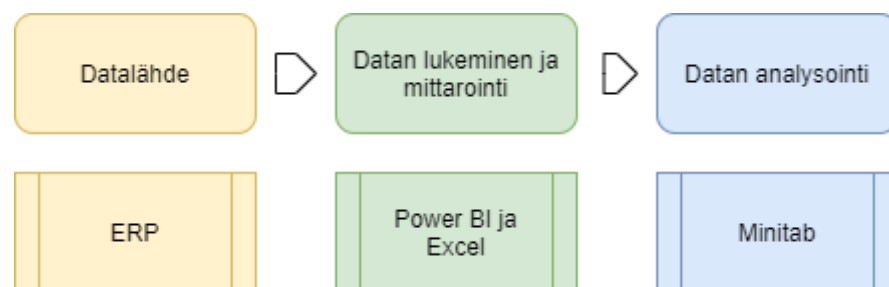
Tämän työn tarkoituksena oli kehittää datankeräysmenetelmä kehitysprojektin mittareille ja data-analyysseihin. Keräysmenetelmän tuli olla helppokäyttöinen ja siitä oli saatava dataa helposti analysoitavaksi erilliseen Minitab-tilastonkäsittelyohjelmaan. Erikseen kehitettävän, tätä datan keräysmenetelmää hyödyntävän mittariston tuli toimia yrityksen tietokoneilla olevissa sovelluksissa, esimerkiksi yrityksen käytössä olevassa MS Office 365 -ympäristössä.

Työ tehtiin teknologia-alan alihankintayritykselle, joka investoi paljon tuotannonkehitysprojekteihin. Yhtenä vahvana kehitysmenetelmänä yritys pitää henkilöstön Lean Six Sigma -koulutusta ja siihen liittyviä kehitysprojekteja. Tässä kehitysprojektin kohteena oli yrityksen pintakäsittelylinja, jonka tuotantoon haluttiin huomattava tehostus. Linjan läpimenomäärää haluttiin kasvattaa samalla lyhentäen läpimenoaikaa. Aiemmin linjalla on käytetty prosessivaiheiden työjonopuskureita tuotantotehokkuuden lisäämiseen, mutta tämä pidentää huomattavasti läpimenoaikaa, kuten Littlen laki osoittaa. Koska myös läpimenoaikaa haluttiin lyhentää, oli kehitettävä uusi toimintamalli Lean Six Sigma -työkalujen avulla. Kehityksessä käytettiin hyväksi linjan ERP-järjestelmän dataa, jonka kerääminen piti suunnitella ja toteuttaa.

Jotta yritykselle kertynyttä dataa voidaan hyödyntää analyyseissä, tulee se jalostaa tiedoksi. Pintakäsittelylinjan kehitysprojekti aloitettiin määrittelemällä tarvittava data ja mittaristo sekä niihin käytettävät ohjelmistot ja tekniikat. Yrityksessä kerättiin data pääosin manuaalisesti Excel-listoihin, mikä on hidasta ja virhealtista ja tekee datasta verifioimatonta. Tietoteknisillä ratkaisuilla data on varmistettavissa jälkeensä, minkä vuoksi manuaalilistojen sijaan oli käytettävä ERP-dataa. Tallennettua ERP-dataa hyödynnetään parhaiten automatisoimalla keruu.

### 5.1. Datan arvoketju ja dataintegraatiokehys

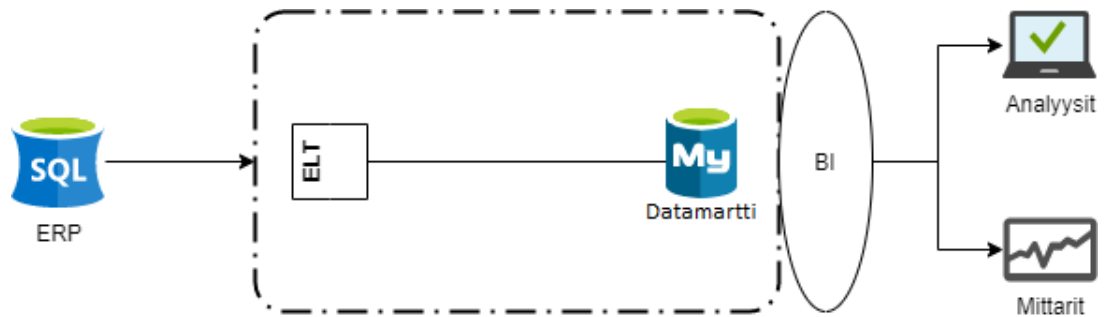
Datankeruun päätavoitteena oli saada yrityksen ERP-järjestelmän datasta aiempaa enemmän arvoa. ERP-dataa luettiin ja tallennettiin joko MS Power BI tai MS Excel 365 Power Pivot -ohjelmilla (ns. Power-ohjelmat). Dataa tuli pystyä myös lataamaan kehitysprojektissa tarvittavaan Minitab-ohjelmaan analysoitavaksi. Yrityksen datankeruun arvoketju on nähtävissä kuvassa 19.



Kuva 19. Datankeruun arvoketju.

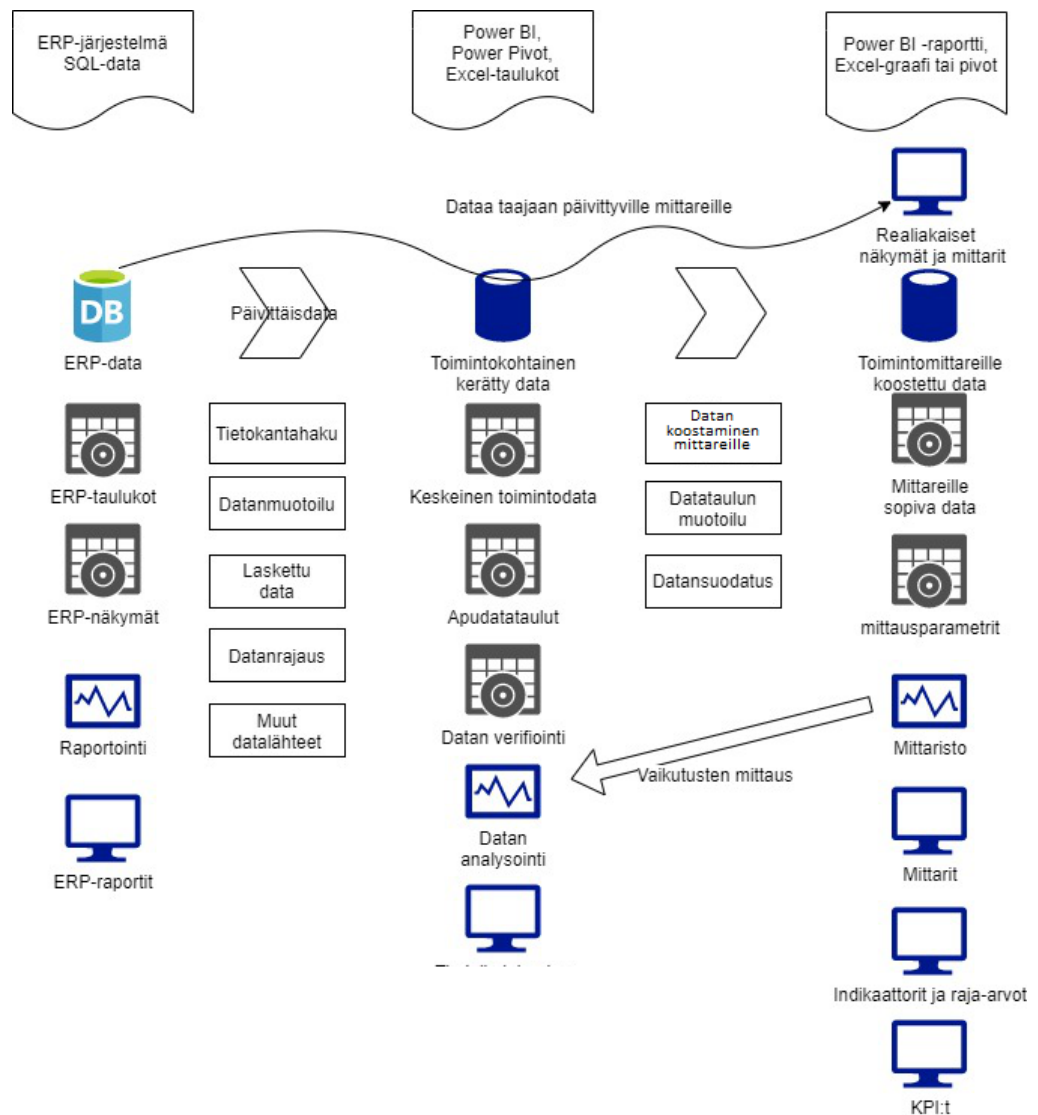
Arvoketjun jälkeen kuvattiin tarvittava tietovarastoarkkitehtuuri, joka sisältää tietovarastoinnissa käytettävät pääkomponentit, mikä on nähtävissä kuvassa 20. ERP-data ladataan Power-ohjelmaan, jossa siitä muodostetaan paikallinen

tietovarasto. Edelleen dataa käytetään analyyseissä ja mittareissa. Koska käytettävä data ladataan luotettavana tietolähteenä pidetystä ERP-järjestelmästä, käytetään virheenkorjaukseen vain kevyttä ELT-proseduuria.



Kuva 20. Projektin tietovarastoarkkitehtuuri.

Tietovarastoarkkitehtuurin kuvaamisen jälkeen suunniteltiin dataintegraatiokehys, jossa kuvataan arkkitehtuuria tarkemmin datan tallentamiseen ja hyödyntämiseen käytettävä ympäristö. Kehys on esitetty kuvassa 21.



Kuva 21. Projektin dataintegraatiokehys.

Dataintegraatiokehityksessä kuvataan ERP-järjestelmä ja sen sisältämä data ja raportit. ERP-järjestelmästä data ladataan päivittäin Power-ohjelmaan. Latauksen yhteydessä dataa voidaan muotoilla ja rajata ja siitä voidaan laskea uusia tietoja. Tietoja voidaan ladata myös useasta eri lähteestä. Keskeinen toimintodata kerätään Power-ohjelmassa yhteen tauluun ja tarvittava apudata omiin tauluihinsa. Data tallennetaan sellaisessa muodossa, että sitä voidaan analysoida. Tallennettua dataa koostetaan mittareille sopivaan muotoon, minkä yhteydessä dataa voidaan muotoilla ja suodattaa vielä lisää. Mittaristoa ja sen dataa voidaan käyttää data-analyysin apuna. Lisäksi taajaan päivittyvät mittarit tarvitsevat kuvattua kevyemmän datan hyödyntämistekniikan.

Projektissa käsiteltävä data saadaan ERP-järjestelmästä. Power työkaluilla voidaan ladata tarvittavat taulut ja virtuaalinäkymät eli v-aulut, joissa tieto on jo valmiiksi yhdistetty eri tauluista tarvittavaksi kokonaisuudeksi. Tuotannonohjausjärjestelmän omat raportit ovat muokattavia, ja niitä voidaan käyttää usein monipuolisesti hyväksi. Tässä tapauksessa raporttien muokkaaminen käyttökelpoiseksi tähän kehitysprojektiin olisi kuitenkin hidasta ja kallista, koska se tehtäisiin yrityksen ulkopuolisena työnä.

Dataa ladataan ERP-järjestelmästä päivittäin tai vuoroittain, ja ladattavaa dataa voidaan rajata ajan suhteen. Ladattu data muotoillaan halutulla tavalla ja koostetauluihin lasketaan mahdollisia lisäsarakeita datan parempaa hyödyntämistä varten. MS Power -tekniikka tukee datan lataamista eri lähteistä kuten Excel-tiedostoista, hakemistoista ja tietokannoista, mutta tässä projektissa tietolähteitä oli käytössä vain yksi.

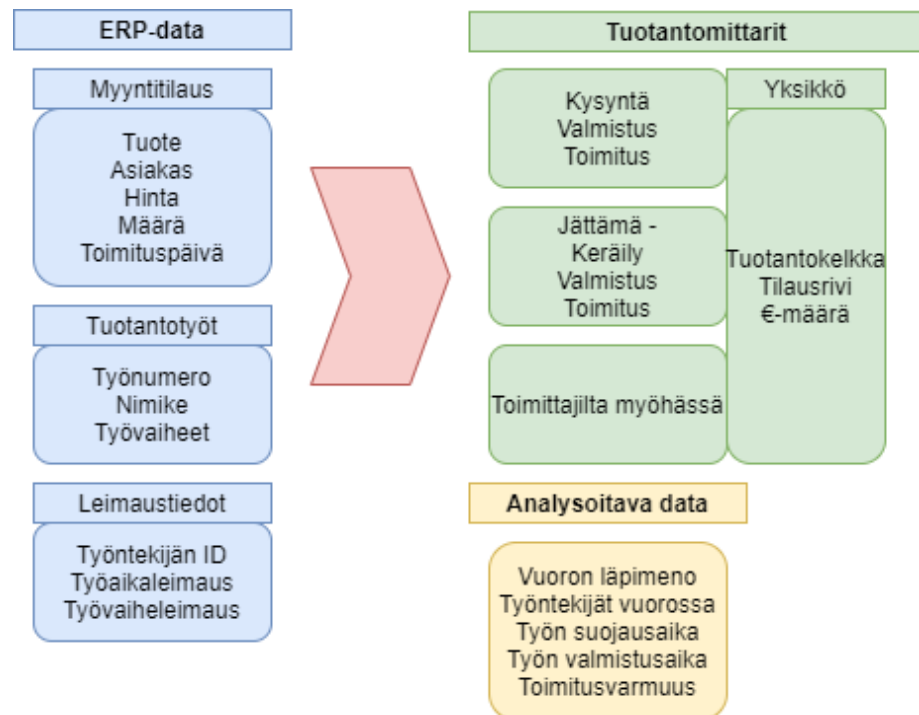
Kaikki keskeinen yrityksen toimintokohtainen data kerätään yhteen laakamalliseen tietotauluun, jolla on relaatioita vain muutamaaan tarvittavaan aputauluun. Data pyritään keräämään mahdollisimman kattavasti tähän päätauluun. Jos myöhemmin ladataan dataa yrityksen eri toiminnoille, tehdään kullekin omat päätaulunsu. Datan laatuun liittyviä toimia voidaan tehdä sen jälkeen, kun data on kerätty päätauluun. Voidaan esimerkiksi laskea puuttuvien tietojen eli *null*-solujen määrää ja suhdetta kokonaisdataan. Selkeästi vääriä tietoja voidaan liputtaa virheellisiksi esimerkiksi silloin, kun työvaiheen pituus työntekijällä on lähellä nollaa tai moninkertainen keskilukuun nähden. Myös kaikki mahdolliset data-analyysit voidaan tehdä tästä päätaulun sisältämästä datasta. Vaikka eri kehitystoimien ja tapahtumien vaikutukset saadaan kuitenkin ilmi kehitetystä mittaristosta, voidaan syitä vaikutuksiin analysoida datasta.

Data koostetaan kehitettävälle mittareille mahdollisimman helposti käytettävään muotoon. Mittareille voidaan erikseen rajata ja suodattaa koostettavaa dataa. Niille kehitetään tunnusluvut, jotka auttavat mittareiden seuraamista ja toimintojen kehittymistä.

## 5.2. Tietomallinnus

Tietomallinnus aloitettiin määrittelemällä mittaroinnissa ja analyysissa tarvittava data. Kuvassa 22 on projektin datankäyttökaavio, jossa on kuvattu haluttu data ja oletetut ERP-aulut, joista data saadaan. Projektissa kehitettävät tuotantomittarit mittaavat kolmea eri tuotantoyksikköä; tuotantokelkkaa, tilausrivejä ja rahamäärää. Tuotantokelkka on pintakäsittelylinjalla käytettävä yksikkö, jossa tuotteet liikkuvat työvaiheesta toiseen. Yksikköä käytetään myös laskennallisesti vakiomaan

työvaiheiden pituudet määrittelemällä ripustettavien nimikkeiden enimmäismäärä fyysiseen kelkkaan. Koska ERP-järjestelmään ei ollut tallennettu kaikkien pintakäsiteltävien tuotteiden työkuvia eikä tuotteille ollut laskettu pintakäsittelyssä yleisesti käytettävää neliömäärää, käytettiin vakioitua tuotantokelkkaa kuvaamaan tuotannon läpimenoa. Esitestauksen perusteella vakioitu tuotantokelkka mittaa ja kuvaa paremmin tuotantoa kuin tilausrivi tai rahamäärä. Kehitysprojektissa arvoitiin tarvittavan tietoja eri työvuorojen läpimenomääristä, työvuorojen henkilömääristä, eri töiden suojaus- ja valmistumisajoista sekä toimitusvarmuudesta. Liitteessä 1 on kuvattu suunnitelman keskeisen toimintodatataulun ja aputaulun sisältämät tietokentät, jotka toteuttavat datankäyttökaavion ja sisältävät koeluontoista dataa, jolla testataan, millaista dataa tuotantolinjalta on mahdollista koostaa.



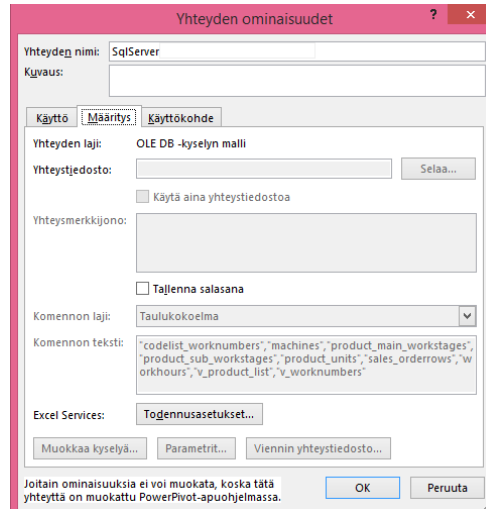
Kuva 22. Projektin datankäyttökaavio.

Ongelmana tässä vaiheessa oli löytää ERP-datasta ne taulut, jotka sisältävät halutut tiedot. Power-ohjelmissa oli kuitenkin mahdollisuus datan esikatseluun, jonka avulla voitiin laatia ladattavan ERP-datan konseptuaalinen taso, joka on kuvattu liitteessä 2. Power-ohjelmat sisältävät työkalun myös tietomallinnuksen loogisen tason suunnitteluun, ja liitteessä 3 on kuvattu tämä projektissa käytetty tietomallinnuksen taso. Mallin avulla tarvittava ERP-data oli projektissa hyödynnettävissä.

Koska ERP-datan tuotantotyötaulukko on sidottu työnumeroihin, valittiin työnumerot taulun toimintodatan pohjaksi. Tätä taulua laajentamalla saatiin haluttua dataa taulukoitua. Mittareita varten tarvittiin vielä koostetaulukko töiden tiedoista ja työntekijöiden leimaustiedoista.

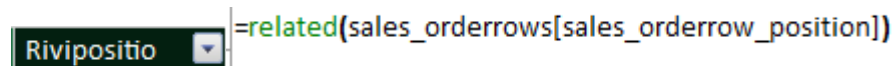
### 5.3. Datankeräysmenetelmän tekninen toteutus

ERP-järjestelmän tietokantoihin yhdistäydyttiin Excelin *Kyselyt ja yhteydet* -toiminnon kautta, joka esitetty kuvassa 23. Tässä toiminnossa valitaan ne tietotaulut, joista dataa järjestelmästä haetaan.



Kuva 23. Tietokantayhteyden ominaisuudet

Kerättävän datan päätaulun pohjaksi otettiin ERP-järjestelmästä virtuaalitaulu, joka sisälsi työnumerot ja perustiedot liittyen kyseiseen työhön. Työnumero on taulun pääavain. Taulusta voitiin poistaa tiedot, joita ei projektissa tarvittu, ja siihen lisättiin hakujen avulla relaatiotauluista töihin liittyvää tietoa. Lisäksi tauluun lisättiin laskettuja sarakkeita tarpeen mukaan. Liitteessä 4 on kuvattu päätaulun tiedot. Osa taulun tiedoista saadaan suoraan pohjana olevasta tuotantotyötaulusta, osa taas suoraan muista tähän tauluun relaatioilla liitetystä tauluista *Related()*-funktion avulla, josta yksi esimerkki esitetty kuvassa 24.



Kuva 24. Tiedonhaku rivipositiosarakkeelle *Related()*-funktiolla.

Osa taulun tiedoista saadaan laskemalla niitä joistain toisista tiedoista. Esimerkkinä tästä on kuvassa 25 esitetty maalaamon läpimenoajan laskeminen. Siinä tarkastetaan, että työ on kerätty ennen työn valmistumista. *Työ kerätty* on totuusarvo, jossa testataan, onko työ kerätty nimenomaan pintakäsittelyyn, ja erisuuruusmerkillä testataan, onko työjärjestys oikein ja tauluun saatava luku luotettava. On testattava myös, että työ on täysin valmis eli tilassa 9, jottei läpimenoaika lasketa keskeneräisille töille.

```
=if(v_worknumbers[työ kerätty]<v_worknumbers[työ valmis] && [työn tila] = 9;  
DATEDIFF(v_worknumbers[työ kerätty];v_worknumbers[työ valmis];MINUTE))
```

Kuva 25. Läpimenoajan laskenta.

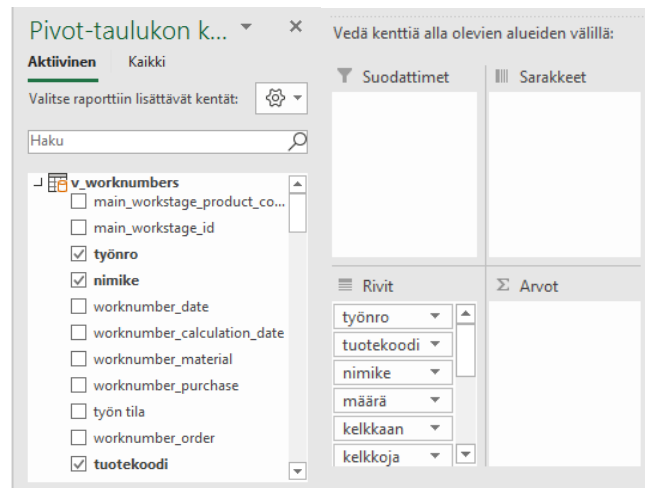
Epäluotettavuus leimausdatassa johtuu liitteessä 5 esitetystä aputaulusta, joka sisältää anonymisoitua työntekijöiden leimausdataa. Työvaiheen aloitus- ja

lopetusleimauksissa on ohjauksesta huolimatta niin paljon poikkeavuutta, ettei tätä dataa voida käyttää esimerkiksi linjaston kustannuslaskennoissa apuna.

Aputaulu sisältää työntekijöiden leimausdatan, niin työpaikalle leimautumiset kuin töiden työvaiheille leimauksetkin. Koska jokainen työntekijä leimautuu työpaikalle sisään samalla tavalla, joudutaan kulloinkin pintakäsittelylinjalla olevat henkilöt varmentamaan työntekijän työvaiheille leimausten mukaan. Tässä on otettava huomioon myös virheelliset leimaukset ja mahdolliset pienet aputyöt linjastolla, ja niiden työvaiheleimausten ajan on oltava riittävä.

Koostetaulut ovat päiväkohtaisia tapahtumatauluja. Ensimmäinen koostetaulu sisältää päiväkohtaisesti töiden tapahtumat pintakäsittelylinjalla, ja toinen koostaa työntekijöiden tapahtumat pintakäsittelylinjalla. Koostetaulut keräävät datan pää- ja aputauluista. Liitteessä 6 on kuvattu molemmat koostetaulut.

Data-analyysille voidaan kerätä taulukko- ja Excelin Pivot-taulukoihin. Suodatus voidaan laakamallisessa taulukossa tehdä itse Pivot-taulukossa (kuva 26), tai voidaan käyttää Excelin Osittaja- tai Aikajana-suodattimia. Tietoa voidaan siirtää helposti Minitab-ohjelmaan analysoitavaksi kopioimalla sitä suoraan Pivot-taulukosta.

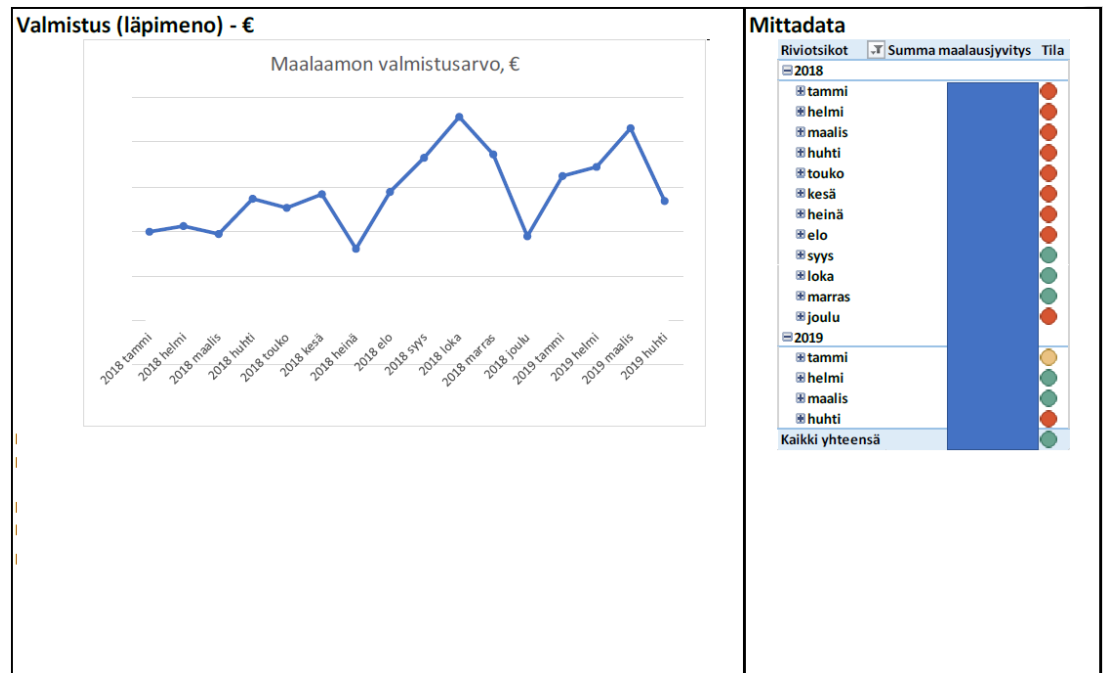


Kuva 26. Pivot-taulukon kentät.

## 5.4. Mittaristo

Kerätyn datan pohjalta kehitettiin yritykselle tuotannollisia ja taloudellisia mittareita, joita voidaan käyttää tuotannonkehitysprojekteissa. Mittareiden kehittämisestä on tehty myös ammattikorkeakoulun opinnäytetyö, jossa on käyty läpi tarvittavaa mittaus- ja mittariteoriaa [3].

Tuloksena syntyi yhdeksän graafista mittaria, joiden mittayksiköinä käytettiin, joko euroa, tuotantokelkkaa tai myyntiriviä. Taloudelliset mittarit mitattiin euroina, jolloin voitiin tarkastella tapahtumia, kuten kysyntää, tuotantoa ja toimitusta taloudellisesti. Kuvassa 27 on esitetty läpimenon taloudellinen mittari. Euromäärät on liikesalaisuussyistä poistettu. Läpimenon arvoa tarkastellaan mittareissa kuukausitasolla, ja mittadatan oikealla oleva tila indikoi liikennevaloperiaatteella, onko arvo millainen suhteessa johdon tavoitteeseen.

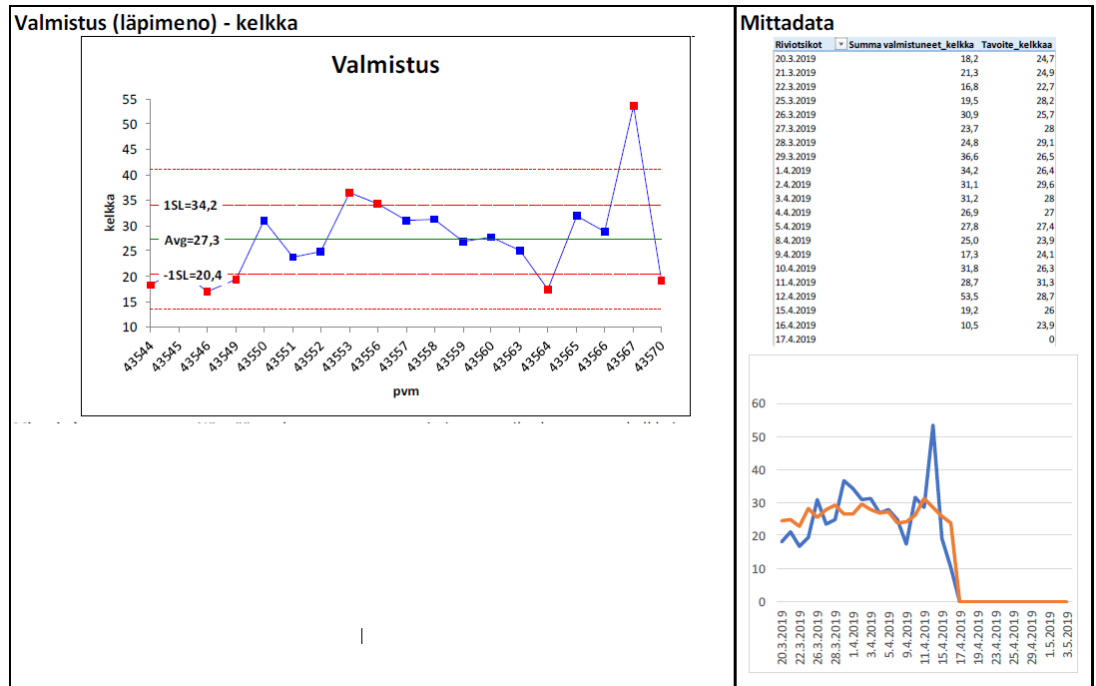


Kuva 27. Läpimenon taloudellinen mittari.

Tuotannon mittareita varten kehitettiin nimenomaan pintakäsittelyn tuotannon tehokkuutta kuvaava yksikkö tuotantokelkka. Jokaiselle nimikkeelle on määritelty, kuinka monta ja miten kyseistä nimikettä kelkkaan ripustetaan. Esimerkiksi (2 x 4) luku ilmaisee, että tuotteita ripustetaan kaksi kappaletta rinnakkain neljän kappaleen pystyriveihin. Ripustus suoritetaan pintakäsittelylinjalla yleisesti käytetyin ripustuskoukuin. Tuotteita voidaan niiden avulla ripustaa myös ketjuin. Ensimmäinen rivi ripustetaan tuotantokelkkaan, ja seuraavat aiempiin tuotteisiin. Tuotantotyössä tuotantokelkka-lukumäärä on ripustettavien tuotteiden ja nimikkeelle määritellyn ripustusmäärän suhde.

Nimikkeiden ripustuslukua pohdittaessa tuotantoa samalla virtautettiin eli pyrittiin siihen, että työvaiheet nimikkeestä riippumatta olisivat mahdollisimman samansuuruiset. Tässä pyrittiin siihen, ettei mikään tuotantovaihe (uunipaistoa lukuun ottamatta) kestä yli puolta tuontia. Tässä selvityksessä mittausdata oli hyvä apu, ja joidenkin tuotteiden osalta ripustusmäärää jouduttiinkin alentamaan puoleen. Lisäksi virtautukseen kuului se, että suojaustyövaiheet ja purussa tapahtuva kierteiden avaus eroteltiin omiksi työvaiheikseen.

Kuvassa 28 on esitetty tuotannon mittareista läpimenomittari. Samanlaiset mittarit tehtiin myös kysynnälle ja toimitukselle. Näiden yksikkönä on kehitetty tuotantokelkka. Mittarikuvaajassa on päivittäiset läpimenomäärät tuotantokelkkoina, tarkasteluajanjakson keskiarvo sekä yhden ja kolmen sigman vaihteluvälit. Mittadata on myös esitetty taulukkomuodossa, josta on nähtävissä myös päivän tavoitearvo. Tavoitteeseen vaikuttavat linjastolle leimautuneiden työntekijöiden määrä ja heidän vuorojensa pituudet. Pienessä kuvaajassa on sinisellä viivalla kuvattu toteutunut läpimeno ja oranssilla tavoitetaso.



Kuva 28. Läpimeno päivittäin -mittari.

Kaikki kerätty mittadata oli ladattavissa Excel-taulukkoon, joten sitä voitiin tarkastella lähemmin ja ottaa analysoitavaksi Minitab-ohjelmistoon. Töiden läpimenoaika saatiin mittadatasta.



## 6. KEHITYSPROJEKTI JA TULOKSET

Tuotannon kehitysprojehtissa oli tavoitteena lyhentää pintakäsittelylinjan töiden läpimenoaikaa linjastolla ja samanaikaisesti parantaa sen läpimenon määrää. Tuotantoprosesseille on olemassa tietyt lainalaisuudet, joita pyrkivät kuvaamaan muun muassa Littlen laki ja Kingmannin kaava. Näiden mukaan suuri tuotannossa oleva sisäinen tuotantopuskuri (WIP) lisää läpimenon määrää, mikä taas nostaa samanaikaisesti töiden odotusaikoja linjastossa kasvattaen näin läpimenoaikaa.

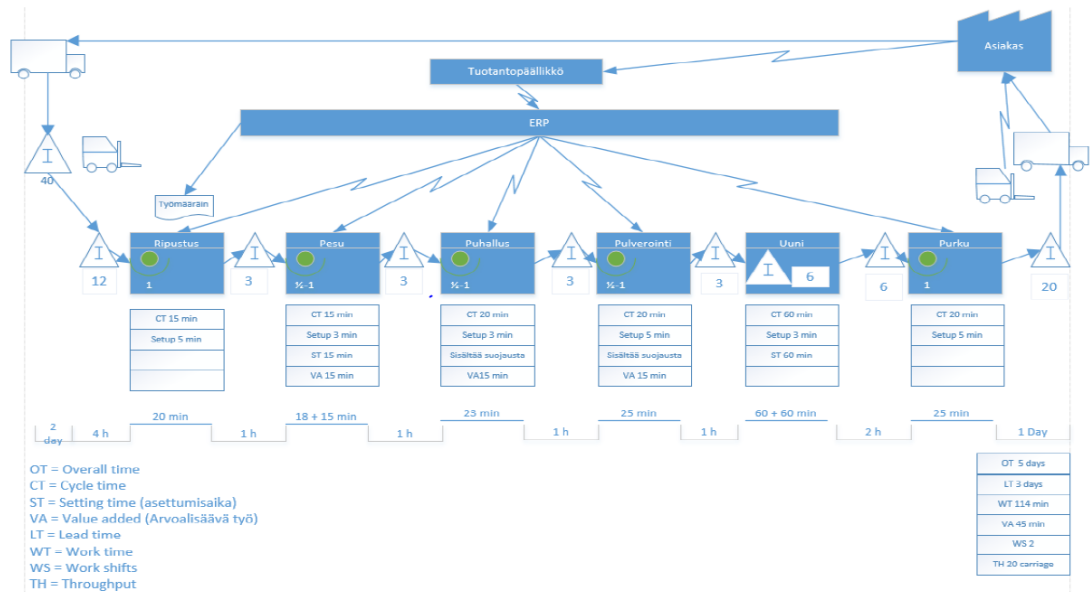
Six Sigman DMAIC-prosessin käyttö oli hyvä lähtökohta onnistuneen kehitysprojehtin toteuttamiseen. Six Sigma -menetelmällä pienennetään prosessissa ilmenevää vaihtelua ja samanaikaisesti parannetaan keskiarvoa. Vaihtelua tässä ovat läpimenon päivittäinen määrä sekä töiden läpimenoaikojen vaihtelu.

Jotta projektista saatava taloudellinen hyöty olisi mahdollisimman suuri, on kehitysprojehti voitava kohdistaa yrityksessä oikein. Jotta kohdistus onnistuisi, on ensiarvoisen tärkeää, että yrityksessä mitataan prosesseja riittävällä tarkkuudella. Muutoin halutut taloudelliset vaikutukset voivat jäädä kauaksi tavoitelluista. Jatkuvasta prosessin mittaamisesta saatiin myös dataa DMAIC-prosessin määrittelyvaiheeseen, jossa arvioitiin prosessin stabiilisuutta ja prosessin ulostuloon vaikuttavia muuttujia.

### 6.1. Määrittely (Define)

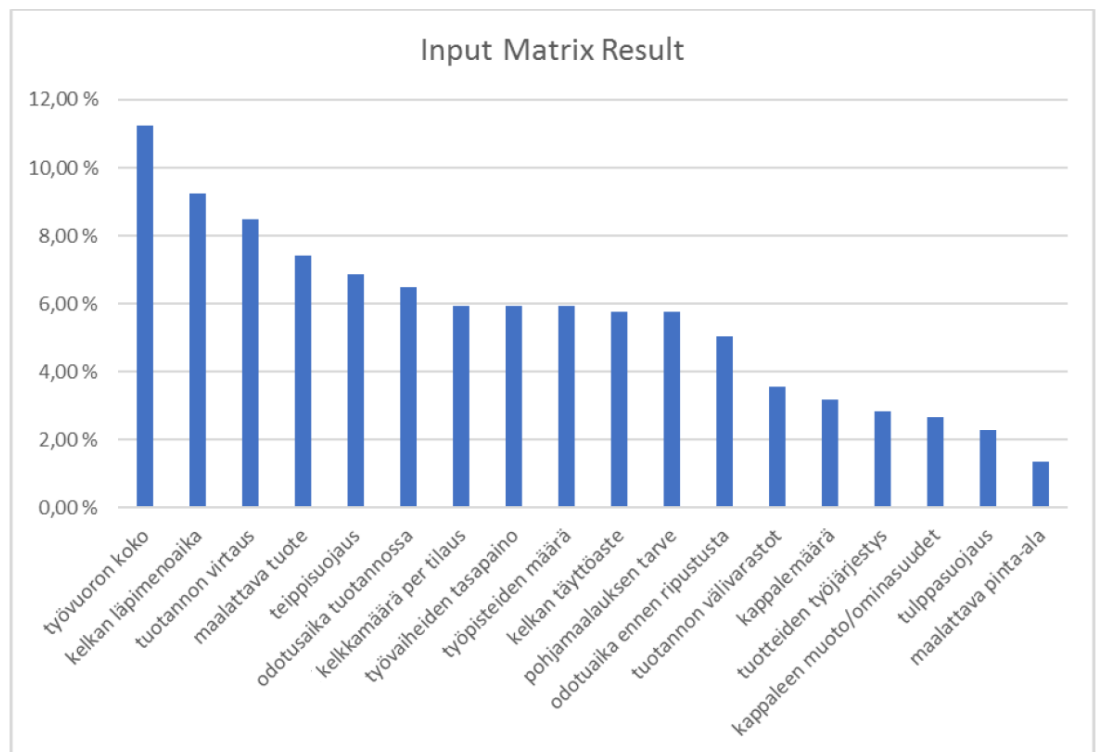
DMAIC-prosessi alkaa määrittelyvaiheella, jossa suoritetaan prosessin räjäytys. Tällä tarkoitetaan sitä, että tarkastelun kohteena olevaa prosessia pyritään katsomaan eri näkökulmista, ja prosessia pyritään jakamaan aina vain pienempiin ja tarkempiin yksiköihin. Tässä käytettiin apuna aivoriiehtä ja siihen kuuluvia työkaluja kuten Ishikawa-kaaviota. Aivoriiehellä kehitystiimi pohti yhdessä asioita, jotka vaikuttavat prosessista mitattaviin vasteisiin eli läpimenon määrän ja läpimenoaikaan.

Seuraavaksi edettiin prosessinkuvaukseen, ja tässä käytettiin nykytilan arvovirtakuvausta, joka on nähtävissä kuvassa 29. Kuvauksesta voidaan nähdä, etteivät kaikki työpisteet ole jatkuvasti miehitettyinä. Puhallus- ja pulverointivaiheet sisältävät itse työtehtävän lisäksi kappaleen suojausta, mikä aiheuttaa sen, etteivät työvaiheet ole virtauksen kannalta tasapainossa. Nämä työvaiheet ovat linjaston todennäköisin pullonkaula myös sen vuoksi, että näissä suoritettava työ on aina itsenäistä eikä työssä auttavaa työtoveria kammioihin voi ottaa. Täten kehitysprojehtissa on otettava huomioon linjaston työntekijämäärän vaikutus mitattaviin vasteisiin sekä mietittävä, kuinka suojausta saadaan poistettua maalaus- ja puhallusvaiheista.



Kuva 29. Arvovirtakuvaus alkutilanteesta.

Arvovirtakuvaus ja muut prosessikuvaukset, loivat kehitystiimille pohjaa siirtyä määrittelyvaiheessa eteenpäin. Seuraavaksi tehtiin XY-matriisi, jonka pohjalta muodostettiin histogrammikuvaaja prosessin tärkeimmistä muuttujista. Histogrammikuvaaja on nähtävissä kuvassa 30. Tärkeimpiä mitattaviin vasteisiin vaikuttavia tekijöitä ovat muun muassa työvuoron koko, tuotannon virtaus, pintakäsiteltävä tuote, suojaus- ja jonotusajat sekä kappaleiden määrä tuotantokelkassa.



Kuva 30. XY-matriisin histogrammikuvaaja.

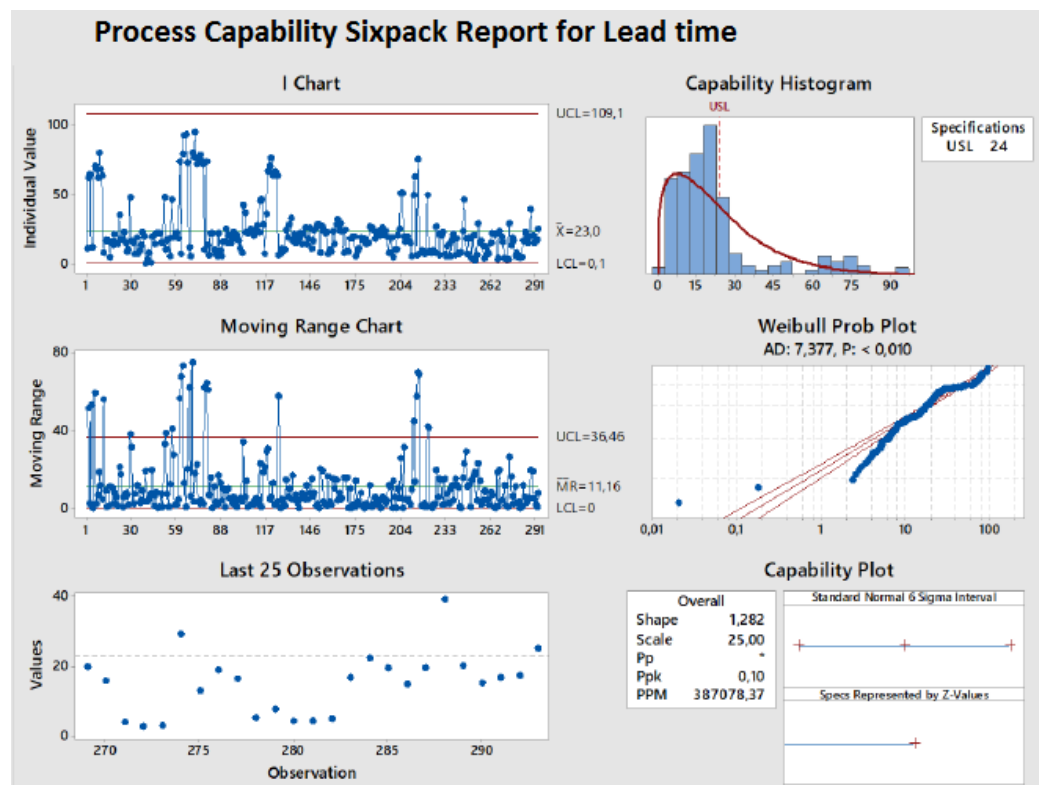
Seuraavaksi kehitystiimi jakoi XY-matriisissa käytettäviä muuttujia FMEA-kaavion avulla osiin. Kuvassa 31 esitetään kehitystiimin tärkeimmät prosessivaiheiden muuttujat, niiden vikatilat, vikatilojen vaikutukset, syyt ja havainnointimenetelmä. Kaaviosta saadaan muuttujia mahdollisiksi mittareiksi projektissa tai DoE-kokeissa. Tähän kaavioon palattiin tarkemmin analyysivaiheessa.

Puhallus	työpiesteiden määrä	Suojaus suoritetaan puh.pisteellä	Puhalluksen hidastuminen, jonoutuminen	9 Työpiesteen puuttuminen	8 Leimausajat, tuoterakenne	8	576
Purku	työvaiheiden tasapaino	Keskimäärin pisin työvaihe	Läpimenoaika pitenee	9 Työkuorma liian suuri työpiesteellä	8 Leimausajat, tuoterakenne	7	504
Pesu	työvuoron koko	Ei pesijää paikalla	Tuotanto ei virtaa, jonoutuminen	9 Liian pieni työvuoro	6 Työvuorosunnittelu	9	486
Puhallus	maalattava tuote	Suuri puhallussuojauksen tarve	Puhalluksen hidastuminen, jonoutuminen	7 Työpiesteen puuttuminen	8 Leimausajat, tuoterakenne	8	448
Puhallus	Teippisuojaus	Suojauksen tarve	Puhalluksen hidastuminen, jonoutuminen	7 Työpiesteen puuttuminen	8 Leimausajat, tuoterakenne	8	448
Purku	tuotannon virtaus	Kierteiden avauksen tarve	Jonoutuminen	6 Työkuorma liian suuri työpiesteellä	8 Leimausajat, tuoterakenne	7	336
Puhallus		Tuotteita ei puhalleta jatkuvasti	Tuotanto ei virtaa, jonoutuminen	9 Liian pieni työvuoro	6 Tuotannon tarkkailu	6	324
Pulverointi	kelkan täyttöaste	Yli täydet kelkat	Ripustuskorjaus, pulveroinnin hidastuminen	7 Työpiesteen puuttuminen	3 Poikkemat	7	147
Pulverointi	kelkan läpimenoaika	Väärä aikamäärä rakenteella	Päiväkuormitus väärä	3 Rakenneajat arvioita	8 Leimausajat ERP	6	144
Ripustus	odotusaika ennen ripustusta	Ylitäysi ripustusvarasto, ruuhka	Ripustustyön hidastuminen	Keräilyvirhe tai huono kuormitus	3 Tuotannon tarkkailu	6	144
Pulverointi	pohjamaalauksen tarve	Sama tuote kiertää 2x työpiesteellä	Pulveroinnin hidastuminen, jonoutuminen	8 arvio			
Purku	odotusaika tuotannossa	Ei tehdä saapumisjärjestyksessä	Aika hukka	7 Kappaleen ominaisuus	2 Tuoterakenne	9	126
				5 Työvirhe, jossakin	5 -, (läpimenoraportti)	3	75

Kuva 31. Osa FMEA-kaaviosta.

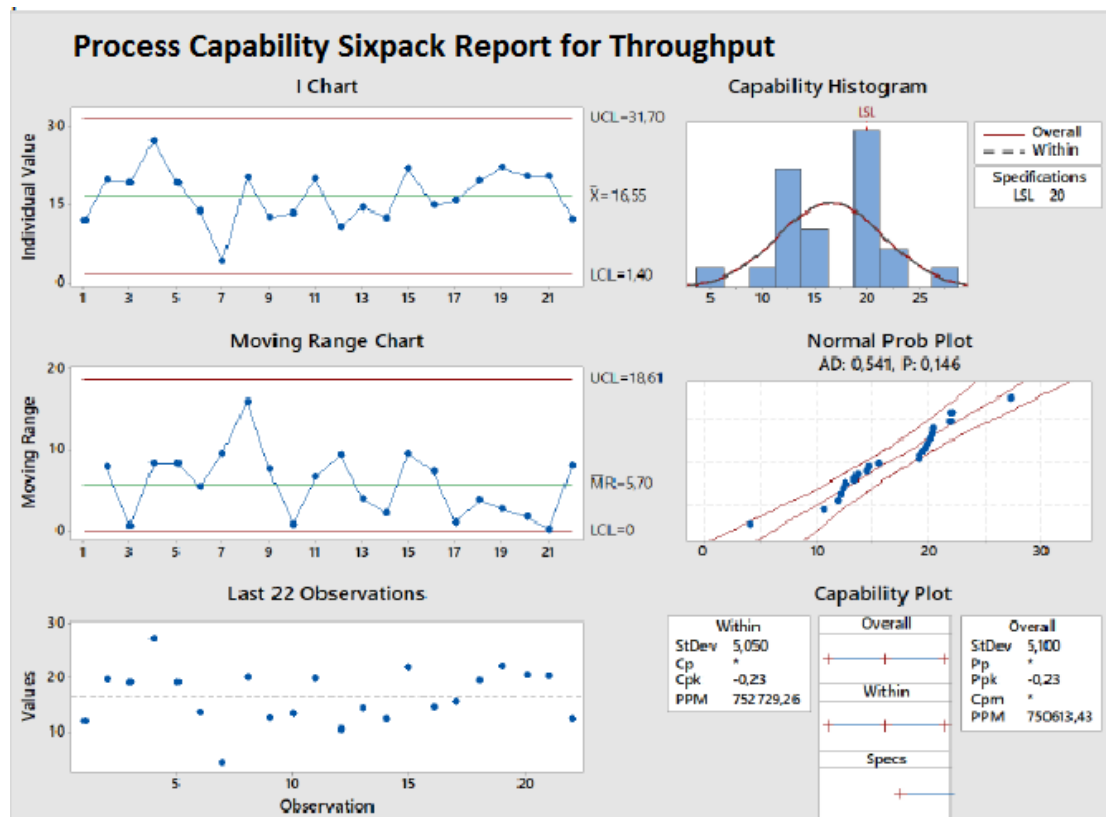
## 6.2. Mittaus (Measure)

Mittausvaiheessa vastuu siirtyi tiimiltä tämän työn tekijälle. Tässä vaiheessa tehtiin mittaussuunnitelma ja mitattiin prosessin nykyinen taso sekä kyvykkyys kehitysprojektissa määriteltuihin tavoitteisiin nähden. Mitä pidemmältä ajalta prosessista on dataa olemassa, sitä peremmin voidaan arvioida tuleva parannusvaikutus. Kuvassa 32 on nähtävissä prosessin alkutaso läpimenoajan suhteen ja kuvassa 33 läpimenon suhteen.



Kuva 32. Prosessin alkutaso läpimenoajan suhteen.

Kyvykkyyden kuvaajista tarkastellaan I-chart-aulusta prosessin keskiarvoa  $\bar{x}$  ja vaihteluvälin raja-arvoja UCL ja LCL. Moving range -taulukosta voidaan katsella I-chart-aulujen arvojen vaihtelua. Kyvykkyys-histogrammi näyttää kyvykkyyden graafisesti ja overall-taulukosta nähdään kyvykkyyttä kuvaavat luvut PPM ja Cpk tai Ppk. PPM-luvusta nähdäänkin, että vain hieman yli 60 % linjaston töistä tehdään tavoitelaipimenoaikaan ja vain 25 prosentissa työpäivistä ylletään läpimenon osalta tavoitteeseen. Lisäksi kummassakaan mitattavassa suureessa keskiarvo ei ole riittävällä tasolla. Vaihtelun ollessa suurta ovat prosessin kyvykkyysluvut myös heikkoja.



Kuva 33. Prosessin alkutaso läpimenomäärän suhteen.

### 6.3. Analyysi (Analyse)

Analyysivaiheen tavoitteena on todennäköisten prosessimuuttujien lopullinen tunnistaminen. FMEA-kaaviolla päästiin siihen, että työvuoron koko ja työpisteiden määrä vaikuttavat eniten mitattaviin vasteisiin. Tavoiteltavissa olevasta imuohjauksesta saadaan kaksi muuttujaa, tuotannossa olevien tuotantokelkkojen kokonaismäärä sekä työeräkokoo. FMEA-kaaviosta saadaan myös tuotantolinjan virtautukseen ja tasapainotukseen muuttujat. Virtautuksen ja tasapainotuksen muuttujina ovat pesijän teot kuivauksen aikana sekä haastavien kappaleiden jaksotus työlinjalle. Lisäksi valittiin kaksi muuta muuttujaa tuotannollisista syistä, koska haluttiin testata, onko tietyillä esioletuksilla todellista vaikutusta linjaston tuotantomäärään. Kovarianttina eli vakioimuuttujana toimii tuotteiden esisuojausaika. Taulukosta 3 on nähtävissä valitut DoE-muuttujat ja muuttujien tilat.

Taulukko 3. Valitut DoE-muuttujat määriteltyine tiloineen.

Vaikute	Muuttuja	oletustila	vaihtoehtotila
Läpimeno	Työntekijöiden määrä työvuorossa	4	5
Läpimeno	Suojaus ripustusasteella	Ei	Kyllä
Virtaus	Tuotantokelkkojen kokonaismäärä linjastolla	16	19
Virtaus	Pesijän työerä	2	3
Virtaus	Haastavien kappaleiden jaksotus	Ei jaksotusta	Jaksotus
	Keräiltävien töiden määrä kerralla	½ vuoroa	1 vuoro

DoE-kokeena oli kuuden muuttujan täysmatriisikoe, joka vaatii kahdeksan ajoa. Tällä saadaan resoluution III tasoinen tulos, jolla saadaan selville ne päätekijät, joiden vaikutus on suuri tuotantolinjaston mitattaviin vasteisiin.

Kokeen tuloksia analysoitiin ensin kuvassa 34 esitetyllä varianssianalyysillä, josta saadaan esille tilastollisesti vaikuttavat testimuuttujat ( $P > 0,05$ ). Tässä testissä haastavien kappaleiden jaksotuksella ei ole tilastollista vaikutusta prosessin mitattaviin vasteisiin.

### Analysis of Variance

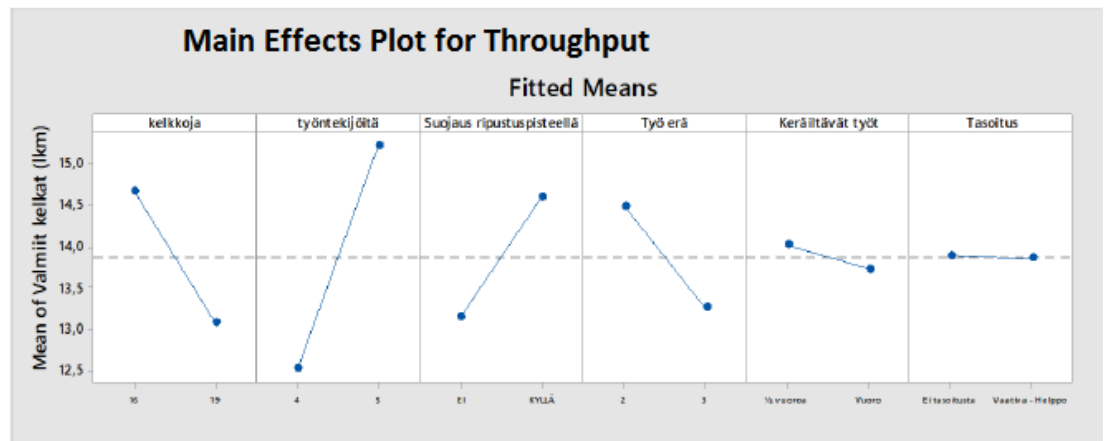
Source	DF	Seq SS	Contribution	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Suojaus-aika	1	0,0352	0,24%	3,24662	3,24662	961,00	0,021
kelkkoja	1	1,1300	7,60%	3,52021	3,52021	1041,98	0,020
työntekijöitä	1	6,4201	43,16%	6,34837	6,34837	1879,12	0,015
Suojaus ripustusasteella	1	4,0558	27,27%	4,14794	4,14794	1227,79	0,018
Työ erä	1	3,1250	21,01%	3,12500	3,12500	925,00	0,021
Keräiltävät työt	1	0,1055	0,71%	0,10549	0,10549	31,23	0,113
Error	1	0,0034	0,02%	0,00338	0,00338		
Total	7	14,8750	100,00%				

### Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	PRESS	R-sq(pred)
0,0581238	99,98%	99,84%	0,241633	98,38%

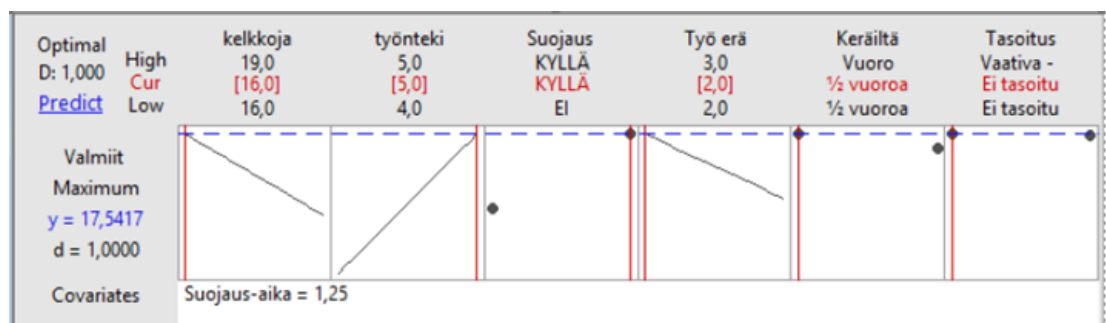
Kuva 34. Varianssianalyysin tulokset.

Seuraavaksi otettiin tarkasteluun läpimenomäärän päävaikutuskuvaaja, joka esittää muuttujien vaikutuksen määrän ja suunnan vasteeseen. Päävaikutuskuvaaja on nähtävissä kuvassa 35. Tästä voidaan havaita, että työntekijämäärä vaikuttaa jopa lineaarisesti linjaston tehokkuuteen lisättäessä työvuoron kokoa neljästä viiteen. Odotuksen mukaisesti myös suojauksen tekeminen ripustusasteella kammioiden sijaan tehostaa linjastoa merkittävästi. Myös kelkkojen kokonaismäärän vähentäminen linjastolla ja pesijän työpanoksen hyödyntäminen linjastolla tehostaa tuotantoa.



Kuva 35. Päävaikutuskuvaaja.

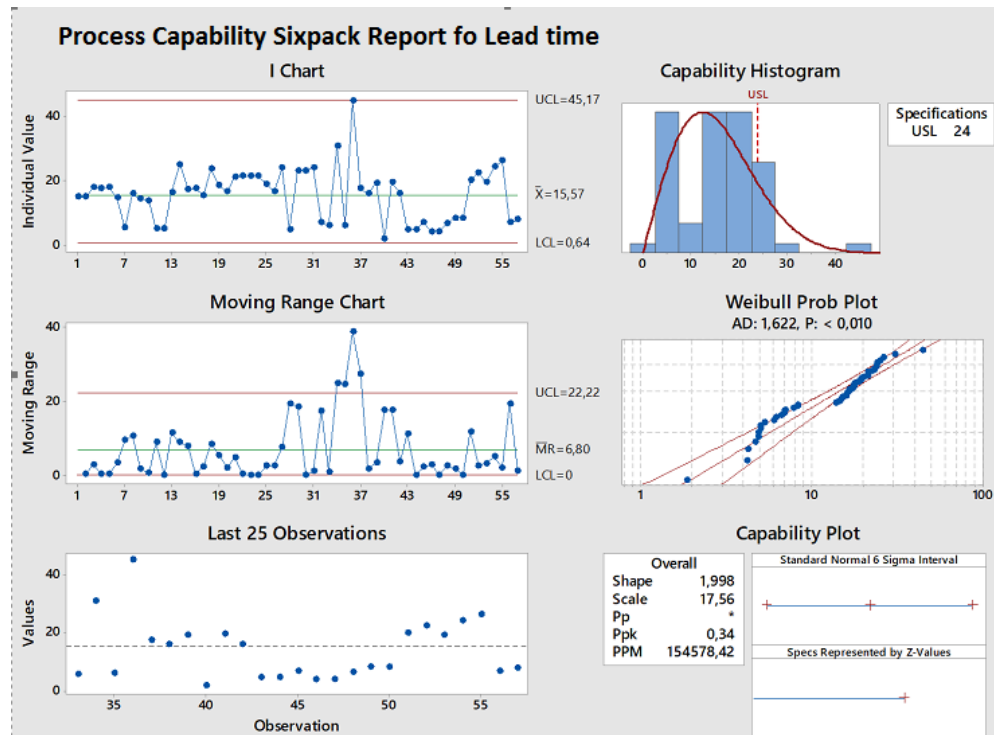
DoE-kokeille, joita käytetään analyysi- ja parannusvaiheissa, kerättiin data myös käsin ylläpidettyihin taulukoihin, koska ERP-järjestelmästä saadun datan luotettavuus on näin tarkoissa mittauksissa vielä kyseenalaista. DoE-kokeen tuloksia voidaan analysoida kuvan 36 mukaisen optimointikuvaajan avulla. Optimointikuvaajasta saadaan muuttujien arvot varmennuskokeeseen. Tässä vaiheessa tehdyt varianssianalyysi sekä päävaikutus-, keskinäisvaikutus- ja ulostulon optimointikuvaajat antavat paljon prosessin sisäistä tietoa.



Kuva 36. Prosessin optimointikuvaaja.

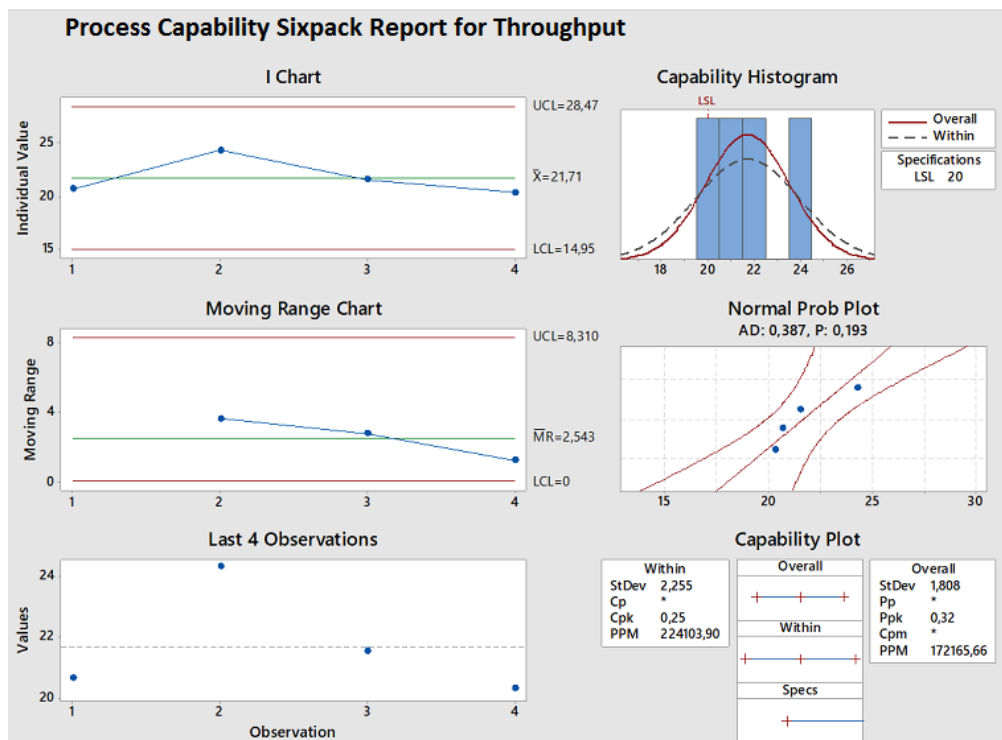
#### 6.4. Parannus (Improve)

Varmennuskokeella varmistettiin, että aiemmissa vaiheissa saadut tulokset pätevät myös todellisuudessa. Tähän voidaan dataa ottaa pidemmältäkin ajanjaksolta, kunhan pidetään huolta, että ympäristö ja olosuhteet ovat parannusmääritelmän mukaiset. Kuvissa 37 ja 38 esitetään varmennuskokeen tulokset.



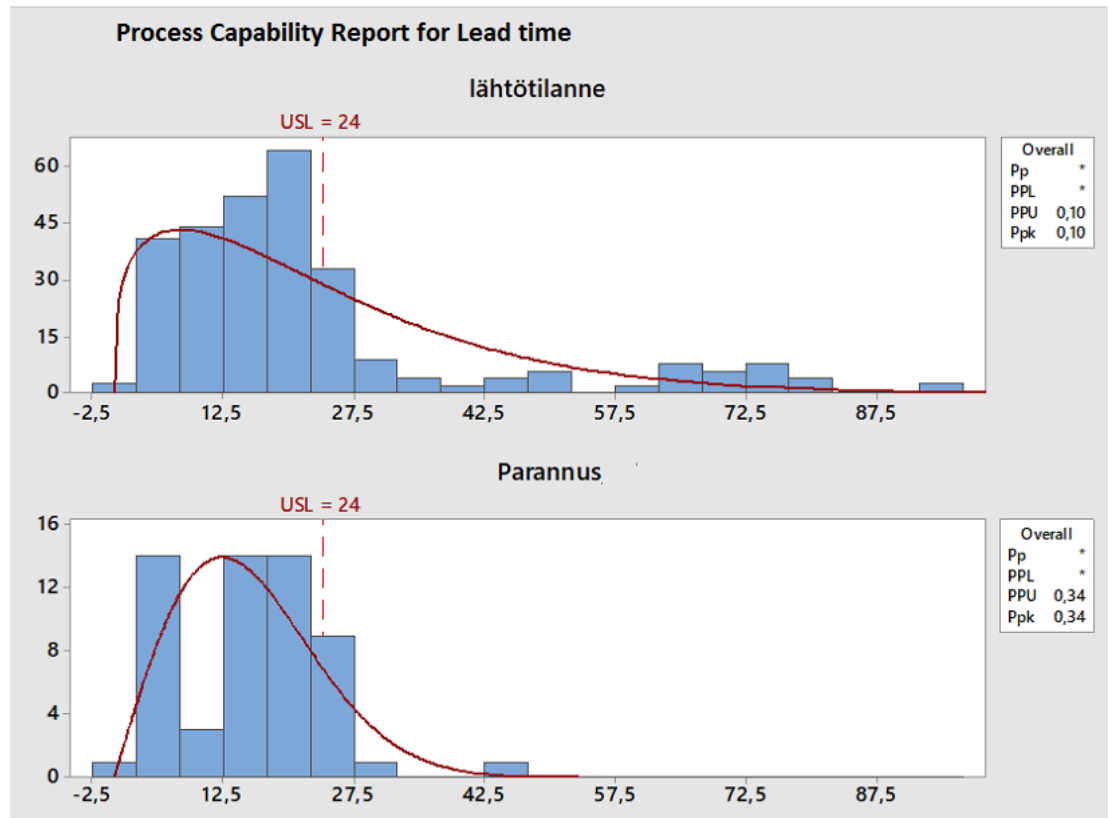
Kuva 37. Läpimenoaika varmennuskokeessa.

Varmennuskokeen tuloksista voidaan havaita, että ottamalla käyttöön parannusvaiheessa määritellyt toimenpiteet, ylletään prosessissa noin 85-prosenttisesti tavoitteisiin läpimenon ja lähes 80-prosenttisesti läpimenoajan vaatimustenkin suhteen. Prosessissa esiintyy vielä vaihtelua, mutta keskiarvot ja kyvykkyyttä kuvaavat indeksit ovat parantuneet alkumittauksesta huomattavasti.



Kuva 38. Läpimenomäärä varmennuskokeessa.

Kuvissa 39 ja 40 esitetään parannusvaikutuskuvaajat, joista nähdään selkeästi yhdestä kuvaajasta prosessissa tapahtunut parannus. Läpimenoaikaa saatiin pääasiassa parannettua linjastolla siten, että linjastolla pitkään roikkumaan jääneet työt saatiin pois. Kaikki tehdyt työt kiersivät prosessin mukaisesti työvaiheesta toiseen ja saatiin valmiiksi. Tämä poisti samalla todella nopeasti pikakiertävät työt, mutta prosessin kyvykkyys paranee silti vaihtelun ja keskiarvon parantuessa. Yleisesti  $P_{pk}$ -luku jää edelleen heikoksi, sillä prosesseissa toimintakykyluvun tavoiteltu arvo yleisesti on vähintään 1,67.

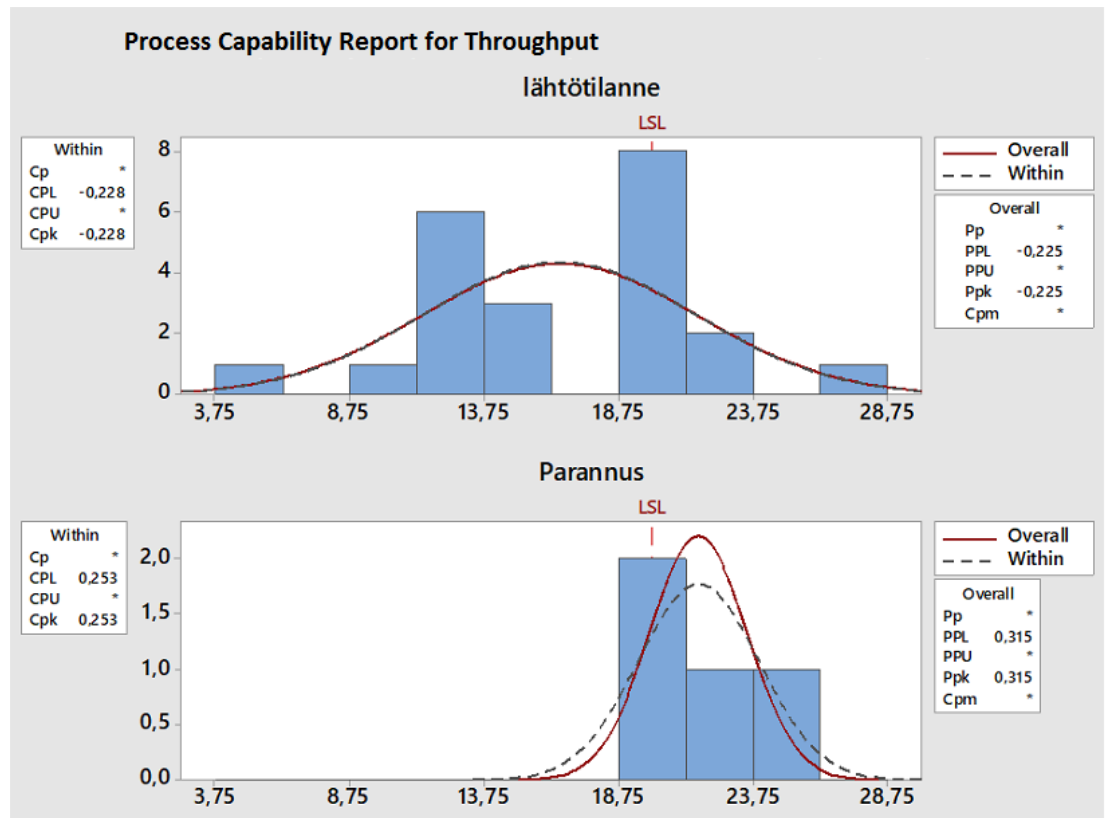


Kuva 39. Läpimenoajan parannusvaikutus.

Prosessin läpimenomäärän kehitys parannusvaiheessa oli huomattava. Sekä prosessin kyvykkyysluku  $C_{pk}$  että toimintakykyluku  $P_{pk}$  paranivat paljon. Kun heikon läpimenomäärän päivät saadaan tuotannosta pois jatkuvalla tasaisella prosessin mukaisella organisoidulla työllä, vasteen vaihtelu pienenee ja samalla keskiarvo paranee.

Pieni suorituskyyvyn vaihtelu on sinällään tärkeää, koska tällöin voidaan linjaston tapahtumia ja valmistumisia ennustaa paljon paremmin. Näilläkin mittareilla ja parannustoimilla ennustettavuus ja kuormitusnäköymät paranivat linjastolla viikosta kolmeen viikkoon. Tällöin esimerkiksi työnjohdolla on parempi mahdollisuus tasata tulevaa kuormitusta enemmän etukäteen ja mahdollisten ylitöidenkin kysyminen linjaston työntekijöiltä huomattavasti helpompaa.





Kuva 40. Läpimenon parannusvaikutus.

## 6.5. Ohjaus (Control)

Ohjausvaiheessa otetaan parannusvaikutukset tuotannossa käyttöön ja seurataan, että prosessin toiminta pysyy parannuksen mukaisena eikä valu takaisin aiemmalle tasolle. Tässä vaiheessa projektin hallinta siirtyi johdolle ja tuotantopäälliköille.

Ohjausta varten tehtiin ohjaussuunnitelma, jonka mukaan tuotantopäällikkö seuraa päivittäin tuotannon mittareita ja alkuun täyttää myös erillistä seurantakorttia. Korttiin merkitään työvuoron koko ja purettujen kelkkojen lukumäärä sekä työvuorolta purkuun jäänyt jono. Kortilla varmistetaan, onko tuotanto pysynyt tavoitteessa ja mikä huonoon tulokseen mahdollisesti syynä. Korttia tulisi käyttää, kunnes edelleen kehitettävistä mittaritiedoista saadaan sama tieto automaattisesti.

## 7. JOHTOPÄÄTÖKSET

Tämän työn tarkoituksena oli kehittää datankeräysmenetelmä kehitysprojektin toimintoihin. Keruun tuli tapahtua yrityksen käytössä olevilla ohjelmilla ja datan siirron Minitab-ohjelmaan tuli olla vaivatonta. Päättökysymyksenä oli, miten ERP-järjestelmästä voidaan kerätä dataa tuotannon mittaamiseen, analysointiin ja kehitykseen.

Datan keruu toiminnanohjausjärjestelmästä onnistuu Office 365 Excel Power Pivot -toiminnolla. Laakamallisista Pivot-tauluista voidaan kopioida helposti dataa Minitab-ohjelmistoon analysoitavaksi. Kehitetyn menetelmän käyttö on helppoa, ja se tapahtuu Excelin *päivitä*-toiminnolla. Visuaalisesti näyttävämpien mittareiden ja dashboardien luominen on Power BI -ohjelmistolla helpompaa, mutta datan siirto analysoitavaksi vaatii enemmän toimia johtuen Excelin ja Power BI:n käyttämien CSV-tiedostojen erilaisesta oletustulkinnasta. Lisäksi useissa aikamuotoisten solujen siirroissa esiintyi huomattavia ongelmia.

Kehitetty datankeräysmenetelmä sopii kehitysprojektien käyttöön, kunhan tiedostaa datan käyttöön liittyvät rajoitteet. Järjestelmässä olevan datan laatuun vaikuttaa ensisijaisesti käyttäjien kirjausten tarkkuus, ja mitata voidaan vain niitä toimia, joita järjestelmään on implementoitu. On esimerkiksi huomattavan hankalaa mitata työvuorojen toimia, jos järjestelmässä ei ole otettu työvuorotoimintoa käyttöön, tai eri tuotanto-osastojen välistä mittausta on hankala toteuttaa, jos käytettävät tuoterakenteet eivät ota osastoja millään tavalla huomioon.

Data on siis sikäli virheeltä, että se on toiminnanohjausjärjestelmään kirjattujen seikkojen varassa. Esimerkiksi rakennevirheet ja kaikki ERP-kirjauksissa tehty oikaisu näkyvät mittaustuloksissa heti, välillä ennakoimattomallakin tavalla. Keräysmenetelmää käytettäessä dataan liittyvien keskeisten toimintojen on oltava toiminnanohjausjärjestelmässä kohdillaan.

Tarkentavina kysymyksinä oli, mitä pitää huomioida datankeräysjärjestelmän suunnittelussa ja toteutuksessa, voidaanko kehitettyä keräysmenetelmää käyttää jatkuvassa tuotannon mittaamisessa, kuinka tietomallinnus vaikuttaa datan hyödynnettävyyteen ja BI-mittaristojen (dashboardien) käytettävyyteen ja missä määrin datan keruuprosessi on automatisoitavissa.

Keräysmenetelmä ei edellä mainittujen virheelle altistumisten ja datan historiatiedon puutteen vuoksi sovellu tällaisenaan jatkuvaan pidempiaikaiseen käyttöön. Tässä menetelmässä vanha data korvautuu uudella, eikä mitään muutoslogia jää talteen.

Tietomallinnus on raporttien käytettävyyden ja kattavuuden kannalta erityisen tärkeää, ja jatkossa siihen tulisikin kiinnittää nykyistä enemmän huomiota. Tässä käytetty laakamalli edesauttaa tiedon siirtämistä analysoitavaksi, mutta sillä on raporttien ja mittareiden monipuolisuuteen ja dynaamisuuteen negatiivinen vaikutus. Raportit ja mittarit näyttävät sen mitä haluttiinkin, mutta niiden monipuolinen dynaamisuus on hankalaa toteuttaa.

Keruuprosessi on automatisoitavissa intervallipäivitysten avulla. Eri datakokonaisuuksia voidaan päivittää eri tahtiin. Esimerkiksi tuotantolinjojen näytöille voidaan esittää puolen tunnin välein päivittyvää dataa, työnjohdolle työvuoroittain ja päivittäin päivittyvää dataa ja ylimmälle johdolle viikoittain tai kuukausittain päivittyvää dataa päätösten ja toimien tueksi.

Kehitysprojektissa saatiin ERP-dataa kerättyä riittävässä laajuudessa tuotantomittareille. Mittareita ja dataa hyödyntäen voitiin DMAIC-prosessi ja

tuotannon kehitysprojekti suorittaa onnistuneesti. Varmennuskokeen mukaan projektissa esiin tulleiden parannustoimien avulla tuotannon läpimenomäärän ja läpimenoaikojen keskiarvot voivat ylittää tavoitteisiinsa. Hajonnan vähentyessä ylletään haluttuun tuotantomäärään ja läpimenoaikaan neljänä päivänä viidestä. Tuotantodatan osalta ERP-data on käyttökelpoista, kunhan käytön aikana varmistetaan joillakin lausekkeilla datan käytön ehtoja, ja sitä voidaankin käyttää tuotantomittareiden pohjana ja kehitysprojekteissa hyödyksi. Lean Six Sigma tarjoaa joitakin data-analyysityökaluja, mutta data-analyysijä voitaisiin käyttää yrityksessä myös tätä kattavammin ja monipuolisemmin, kunhan olemassa olevaa ERP-dataa saadaan analyysien käyttöön riittävästi. Esimerkkejä tästä ovat kannattavuuteen ja ennusteisiin liittyvä jatkuva analysointi.

On huomioitava, että Lean Six Sigma mittaa vaikutuksen vallitseviin olosuhteisiin, ja jos linjastolla tai asiakasvaatimuksissa tapahtuu merkittäviä muutoksia, on suoritettava uusi parannusprojekti. Näin voidaan varmistaa prosessin kyvykkyys uusien prosessivaatimusten suhteen.

Prosessin vaihtelun pieneneminen parantaa ennakoitavuutta, jota toteutetaan kerätyn ERP-datan avulla. Esimerkiksi ennakoitavuuden piteneminen viikosta kolmeen viikkoon parantaa huomattavasti tuotantopäällikön mahdollisuuksia varautua kysyntähuippuihin.

Six sigma -projektin johtopäätöksinä voidaan sanoa, että linjan vuoron läpimeno kasvaa lineaarisesti lisäämällä työntekijämäärää neljästä viiteen. Täten olisi ehdottoman tärkeää pitää linjastolla viiden hengen työvuoroja ja ottaa lisämyynnillä tulos yritykselle, kysyntäähän pintakäsittelylle alueella on. Lisäksi olisi testattava mikä vaikutus kuudennella henkilöllä linjastolla olisi läpimeno.

Kappaleiden suojaukset aiheuttavat linjastolla paljon työtä, ja suojauksen tehokkuuteen tulee kiinnittää entistä enemmän huomiota. Puhallus- ja maalausammioissa aiemmin tehdyt kappaleiden suojaustoimet on mahdollista suorittaa kappaleiden ripustuspisteellä. Pisteelle olisikin mahdollista rakentaa hyvin toimivat suojaustarvikehyllyt, ja lisäksi kappaleiden työohjeissa tulisi kuvata suojauksen työtapa. Lisäksi hinnoittelulla tulisi voida vaikuttaa paljon suojausta sisältävien kappaleiden määrään ja taloudelliseen hyötyyn.

Tässä työssä esitettiin joitakin parannusvaihtoehtoja linjaston tehostamiseksi, koska näillä toimilla saadaan tulosten mukaan merkittävä parannus linjaston tehokkuuteen. Koska Lean Six Sigmaan kuuluu jatkuva parantaminen, tulee seuraava parannus aloittaa heti, kun tässä esitetyt parannukset on juurrutettu linjaston työmetodeihin. Linjastoa voidaan kehittää edelleen tehostamalla toimintaa ja keskittymällä laadullisiin seikkoihin.

## LÄHTEET

- [1] Sherman R. (2015) Business Intelligence Guidebook. From Data Integration to Analytics. Elsevier Inc., Cambridge.
- [2] Saastamoinen J. (2019) Pintakäsittelylinjan tehostaminen. RD Technology Center Oy. Vieremä. Julkaisematon projektiraportti.
- [3] Saastamoinen J. (2019) Toiminnanohjausjärjestelmän dataan perustuvan tuotannon mittariston kehittäminen. Konetekniikan opinnäytetyö. Savonia Ammattikorkeakoulu. URL: [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/178741/ONT%20Juha%20S\\_2019\\_FI.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/178741/ONT%20Juha%20S_2019_FI.pdf?sequence=2&isAllowed=y). Viitattu 17.9.2020.
- [4] Holsapple C. W. (2004) Handbook on Knowledge Management 1. Knowledge Matters. 2nd edition. Springer-Verlag, Berlin.
- [5] Hovi A., Ylinen J. & Koisinen H. (2001) Tietovarastot liiketoiminnan tukena. Asiantuntija-sarja. Satku.fi, Tampere.
- [6] Laihon H., Hannula M., Helander N., Ilvonen I., Jussila J., Kukko M., Kärkkäinen H., Lönnqvist A., Myllärniemi J., Pekkola S., Virtanen P., Vuori V. & Yliniemi T. (2013) Tietojohdaminen. Tampereen teknillinen yliopisto, Tietojohdamisen tutkimuskeskus Novi, Tampere.
- [7] Leskelä R.-L., Haavisto I., Jääskeläinen A., Helander N., Sillanpää V., Laasonen V., Ranta T. & Torkki P. (2019) Tietojohdaminen ja sen kehittäminen: tietojohdamisen arviointimalli ja suosituksia maakuntavalmistelun pohjalta. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisu 2019:42, Valtioneuvoston kanslia, Helsinki, s. 50. URL: [https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/161659/42\\_19\\_Tulevaisuuden\\_tietojohdaminen.pdf?sequence=4&isAllowed=y](https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/161659/42_19_Tulevaisuuden_tietojohdaminen.pdf?sequence=4&isAllowed=y). Viitattu 28.2.2020.
- [8] Markkula T. & Syväniemi A. (2015) Analytiikkamatka. Datasta tietoon ja tiedolla johtamiseen. Suomen Liikekirjat, Kirkkonummi.
- [9] Power D. J. & Heavin C. (2016) Decision Support, Analytics, and Business Intelligence. 3rd Edition. Business Expert Press, Dallas.
- [10] Sydänmaanlakka P. (2012) Älykäs organisaatio. 8. painos. Talentum Media Oy, Helsinki.
- [11] Laudon K. C. & Laudon J. P. (2006) Management Information systems. Managing the digital firm. 10th edition. Pearson Education, Inc., Upper Saddle River.
- [12] Hatami M. (2008) Information Management: The Value of an Enterprise Data Model (Part 1 of 2). TDWI. URL: <https://tdwi.org/articles/2008/04/09/information-management-the-value-of-an-enterprise-data-model-part-1-of-2.aspx>. Viitattu 10.9.2020.

- [13] Mahanti R. (2019) Data Quality: Dimensions, Measurement, Strategy, Management, and Governance. ASQ Quality Press, Milwaukee.
- [14] Marr B. (2017) Data strategy. Kogan Page Limited, London.
- [15] Piirainen A. (2008) Kuinka lähestyä tiedon – datan – keräämistä? Quality Knowhow Karjalainen. URL: <http://www.qk-karjalainen.fi/fi/artikkelit/kuinka-laehestyae-tiedon-datan-keraeaemistae/>. Viitattu 19.9.2020.
- [16] Shmueli G., Bruce P. C. & Patel N. R. (2016) Data mining for business analytics. 3rd Edition. John Wiley & Sons, inc., Hoboken.
- [17] Faculty Development and Instructional Design Center (2005) Responsible Conduct in Data Management. Data Collection. Northern Illinois University. URL: [https://ori.hhs.gov/education/products/n\\_illinois\\_u/datamanagement/dctopic.html](https://ori.hhs.gov/education/products/n_illinois_u/datamanagement/dctopic.html). Viitattu 19.9.2020.
- [18] Barone S. & Franco E. L. (2012) Statistical and Managerial Techniques for Six Sigma Methodology. Theory and Application. John Wiley and Sons, Ltd., Chichester.
- [19] Hovi A. (2020) Data Vault -menetelmä EDW-ratkaisujen suunnitteluun. Hovi Competence Development Oy. URL: <https://www.arihovi.com/data-vault-menetelma/>. Viitattu 19.9.2020.
- [20] Loshin D. (2012) Business Intelligence: The Savvy Manager's Guide. 2nd edition. The Morgan Kaufmann Series on Business Intelligence Ser. Elsevier Science & Technology, Amsterdam.
- [21] Shahbaz Q. (2015) Data Mapping for Data Warehouse Design. Elsevier Science & Technology, Amsterdam.
- [22] Moody D. L. & Kortink M. A. R. (2000) From Enterprise Models to Dimensional Models: A Methodology for Data Warehouse and Data Mart Design. DMDW s. 5–12. URL: <http://ceur-ws.org/Vol-28/paper5.pdf>. Viitattu 5.4.2021.
- [23] Karjalainen E. & Karjalainen T. (2002) Six Sigma. Uuden sukupolven johtamis- ja laatumenetelmä. Quality Knowhow Karjalainen Oy, Hollola.
- [24] Quality Knowhow Karjalainen Oy. Lean ja johtaminen. URL: <http://www.sixsigma.fi/fi/lean/yleinen/lean-ja-johtaminen>. Viitattu 5.4.2021.
- [25] Martin J. W. (2007) Lean Six Sigma for Supply chain Management: A 10-Step Solution Process. 2nd edition. McGraw-Hill Education, New York.
- [26] Quality Knowhow Karjalainen Oy. Lean. URL: <http://www.sixsigma.fi/index.php/fi/lean/>. Viitattu 19.9.2020.

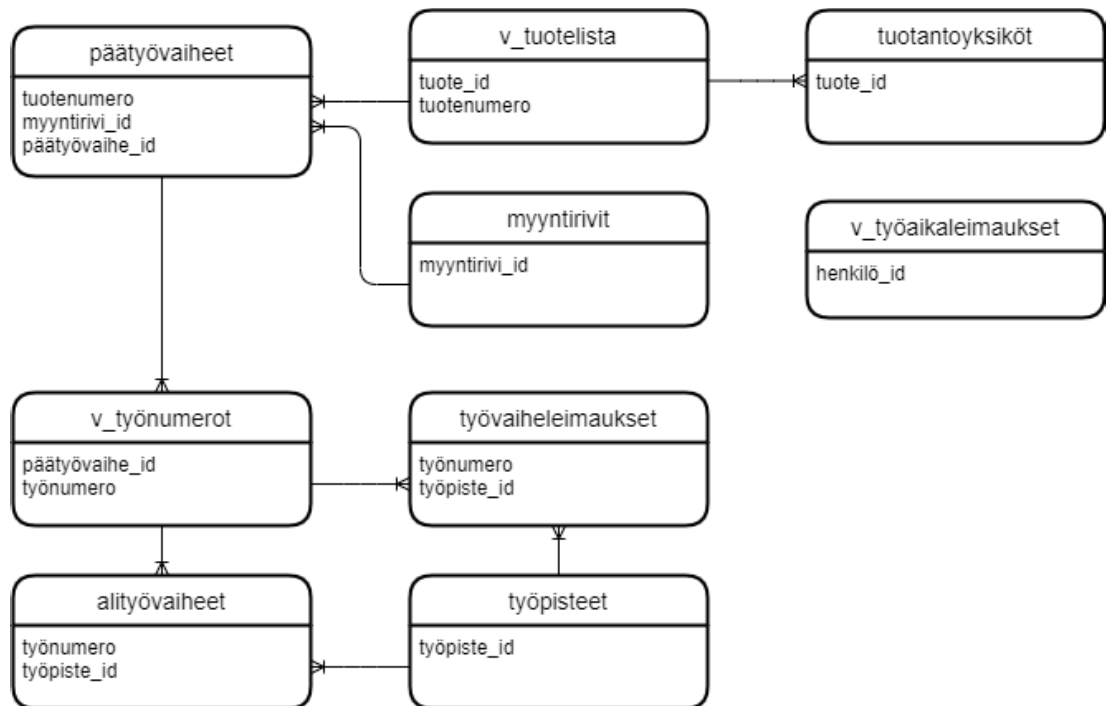
- [27] Quality Knowhow Karjalainen Oy. Yleistä Leanista. URL: <http://www.sixsigma.fi/index.php/fi/lean/yleinen/>. Viitattu 19.9.2020.
- [28] Quality Knowhow Karjalainen Oy. Kingmanin kaava. URL: <http://www.sixsigma.fi/index.php/fi/lean/kingmanin-kaava/>. Viitattu 19.9.2020.
- [29] Quality Knowhow Karjalainen Oy. Littlen laki. URL: <http://www.sixsigma.fi/index.php/fi/lean/littlen-laki/>. Viitattu 19.9.2020.
- [30] Quality Knowhow Karjalainen Oy. Esteiden teoria (TOC). URL: <http://www.sixsigma.fi/index.php/fi/lean/esteiden-teoria-toc/>. Viitattu 19.9.2020.

## LIIKTEET

### Liite 1. Suunnitelma kerättävästä datasta

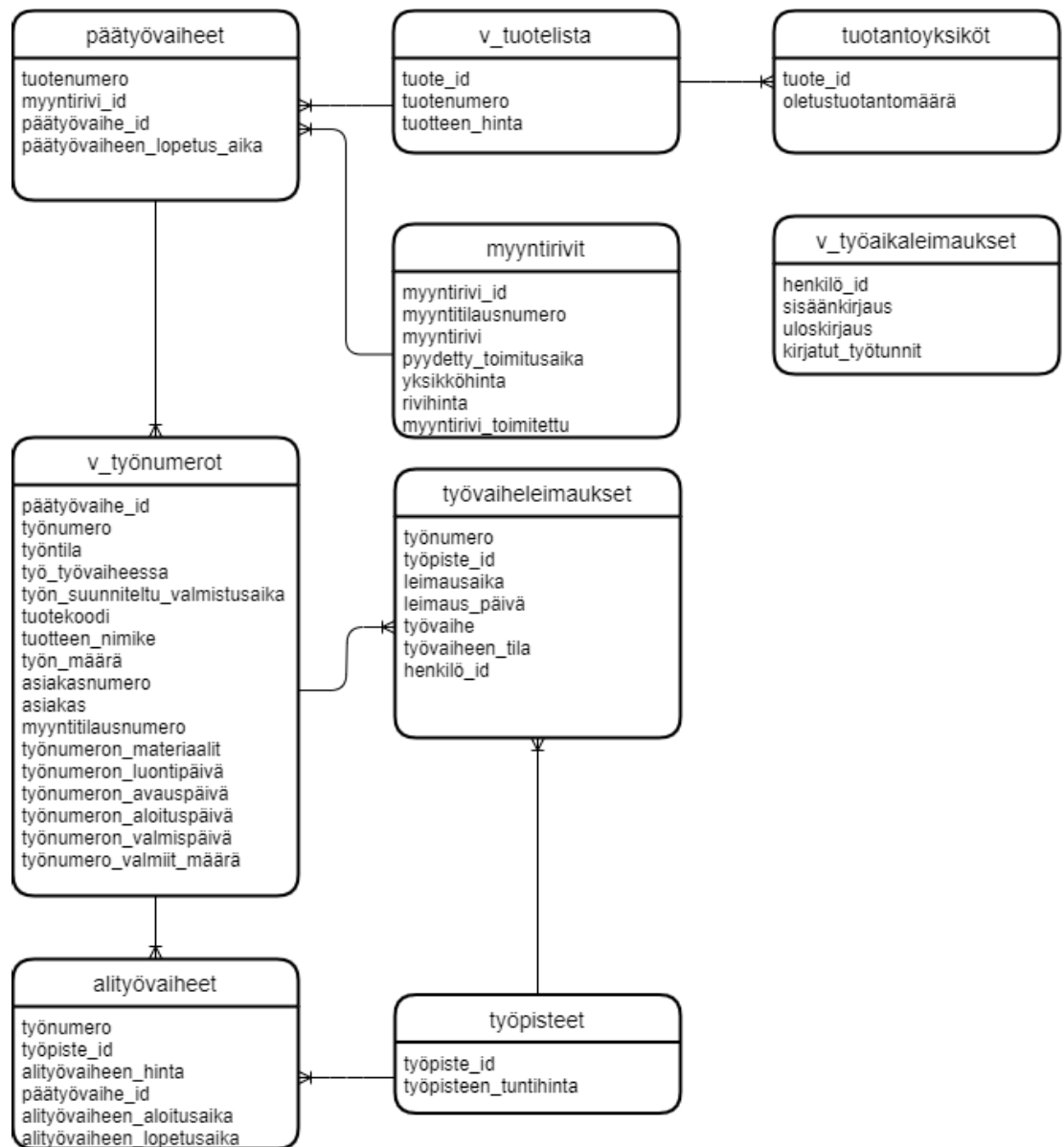
Työnumero	Työvaihe
Työnumero	Työnumero
Työn myyntitilausnumero	Työvaihe-ID
Osasto	Toimipiste
Päättyövaiheen-ID	Osasto
Työn tila	Työpiste-ID
Ostotilausnumero työn mate	Työpiste
Materiaalien saapumispäivä	Työvaihe-ID
Kaikki materiaalit saapuneet	Työvuoro
Työn suunniteltu aloitus	Operaattori-ID
Työn toteutunut aloitus	Operaattori
Työn valmistuminen	Ajoitettu aloitusaika
Toimituspvm + aika	Ajoitettu valmistumisaika
Pyydetty toimituspvm + aika	Todellinen aloitusaika
Tuoteryhmä	Todellinen valmistumisaika
Työtekoodi	Tuotekoodi
Tuotenimike	Tuotenimike
Tuotantomäärä	Määrä
Tuotannon oletusmäärä	Oletusmäärä tuotantoon
Valmiiden tuotteiden määrä	Leimattu työaika
Tuotanto työvaiheessa	Rakenteen vaihe aika
Aktiivityöaika	Keskeytysaika
Passiivityöaika	Jonoaika
Kokonaistyyöaika	Työpisteen WIP (töitä)
Jonoaika	Työvaiheen WIP oletusmäärä
Prosessiaika	Työpisteen tuntikustannus
Läpimenoaika	Työvaihekustannus
Tuoterakenteen työaika	Vialliset kappaleet
Rakenteen aika työlle	Vaiheen tila
Työkustannukset	Tuotannon poikkeamat (kpl)
Materiaalikustannukset	
Alihankintakustannukset	
Alihankkija	
Tuotantopoikkeamien kustannukset	
Kokonaiskustannukset	
Myyntitilausnumero	
Tilausrivi	
Myyntihinta	
Tuotantopoikkeama veloitukset	
Voitto	
Asiakasnumero	
Asiakas	

Liite 2. Käytettävän ERP-datan konseptuaalinen taso





## Liite 3. Datan loogisen tason kuvaus



## Liite 4. Päätaulun datasarakkeet ja niiden muodostuminen

<b>Töiden tiedot -taulu</b>	<u>Alkuperäinen tieto</u>	<u>Muista tauluista haettua dataa</u>	<u>Laskettu</u>	<u>Huomioita</u>
Työnumero	x			
Tuotekoodi	x			
Nimike	x			
Työn tuotteiden kpl määrä	x			
Tuotteita tuotantokelkkaan		x	x	
Työn tuotantokelkka määrä			x	
Asiakas	x			
Myyntinumero	x			
Rivipositio		x		
Pyydetty toimituspäivä		x		
Myyntilauksen myyntihinta		x		
Myyntilauksen á hinta		x		
Nimikkeen hinta		x		
Alihankinta kustannukset		x	x	
Materiaalikustannukset	x			
Sisältää hitsaustyövaiheita		x	x	
Sisältää pintakäsittelytyövaiheita		x	x	
Pintakäsittelyn myyntihinta			x	
Pintakäsittelyn työleimausaika		x	x	epäluotettava
Pintakäsittelyn työkulut			x	epäluotettava
Työn menot			x	epäluotettava
Maalaustyön voitto			x	epäluotettava
Työn ajoitettu aloitusaika		x	x	
Työn ajoitettu valmistumisaika		x	x	
Työn avausaika	x			
Työn aloitusaika		x	x	
Työn valmistumisaika	x			
Työn toimitusaika		x		
Valmiita tuotteita (kpl)	x			
Läpimenoaika pintakäsittelylinjalla			x	
Työn tila	x			
Työ nyt vaiheessa	x			

## Liite 5. Aputaulun datasarakkeet

<b>Työvaiheleimaukset-taulu</b>	<u>Alkuperäinen tieto</u>	<u>Muista tauluista haettua dataa</u>	<u>Laskettu</u>	<u>Huomioita</u>
Työnumero	x			
Leimauspäivä	x			
Tuotekoodi	x			
Työpiste	x			
Työvaihe	x			
Työvaiheen aloitusaika	x			epäluotettava
Työvaiheen lopetusaika	x			epäluotettava
Työvaiheen työaika	x			epäluotettava
Valmistusmäärä	x			
Työvaiheen tila		x		
Konekustannukset		x		
Työkustannukset			x	
Pintakäsittelyn työvaihe			x	

## Liite 6. Koostetaulujen datasarakkeet

<b>Päivän työt -taulu</b>
Päivämäärä
Työntekijöitä
Ylityöt
Oikaistu ylityö
Tavoite kelkkaa
Kysyntä (€)
Kerättyjen töiden arvo (€)
Valmistuneiden töiden arvo (€)
Toimituettujen töiden arvo (€)
Kysyntä (töitä kpl)
Kerättyjen töiden määrä (kpl)
Valmistuneiden töiden määrä (kpl)
Toimitettujen töiden määrä (kpl)
Kysyntä (tuotantokelkkaa)
Kerätyt työt (tuotantokelkkaa)
Valmistuneet työt (tuotantokelkkaa)
Toimitetut työt (tuotantokelkkaa)
Pintakäsittelylinjalla tehdyt työtunnit
Pintakäsittelylinjalla tehdyt ylityöt
Päivän tavoite (tuotantokelkkaa)
Myöhässä saapuneiden tilausten materiaali
Myöhässä kerätyt tilaukset
Myöhässä toimitetut tilaukset
Saapuneiden tilausten jättämä
Keräilyn jättämä
Toimitusten jättämä

<b>Työntekijämäärä työvuoroittain -taulu</b>
Päivämäärä
Työtunnit pintakäsittelylinjalla
Ylityöt
Oikastut ylityöt
Tavoite valmistettua tuotantokelkkaa
Valmistetut tuotantokelkat
Viikonpäivä